

STUDIEN

ÜBER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER TIERE

VON

DR. EMIL SELENKA

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

NEUNTES HEFT.

MENSCHENAFFEN

(ANTHROPOMORPHAE)

STUDIEN ÜBER ENTWICKELUNG UND SCHÄDELBAU.

DER UNTERKIEFER DES ANTHROPOMORPHEN UND DES MENSCHEN IN SEINER FUNKTIONELLEN ENTWICKELUNG UND GESTALT

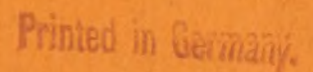
VON

DR. OTTO WALKHOFF

HOFZAHNARZT UND LEHRER AM ZAHNÄRZTLICHEN UNIVERSITÄTS-INSTITUT IN MÜNCHEN.

MIT 59 ABBILDUNGEN IM TEXT.

WIESBADEN
C. W. KREIDEL'S VERLAG
1902.



STUDIEN

ÜBER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER TIERE.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. EMIL SELENKA

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

NEUNTES HEFT.

MENSCHENAFFEN

(ANTHROPOMORPHAE)

STUDIEN ÜBER ENTWICKELUNG UND SCHÄDELBAU.

DER UNTERKIEFER DER ANTHROPOMORPHEN UND DES MENSCHEN IN SEINER FUNKTIONELLEN ENTWICKELUNG UND GESTALT

VON

DR. OTTO WALKHOFF

HOFZAHNARZT UND LEHRER AM ZAHNÄRZTLICHEN UNIVERSITÄTS-INSTITUT IN MÜNCHEN.

MIT 59 ABBILDUNGEN IM TEXT.



WIESBADEN.
C. W. KREIDEL'S VERLAG.
1902.

STUDIEN

ÜBER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER TIERE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. EMIL SELENKA

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

NEUNTES HEFT.

MENSCHENAFFEN

(ANTHROPOMORPHAE)

STUDIEN ÜBER ENTWICKELUNG UND SCHÄDELBAU.

DER UNTERKIEFER DER ANTHROPOMORPHEN UND DES MENSCHEN IN SEINER FUNKTIONELLEN ENTWICKELUNG UND GESTALT

VON

DR. OTTO WALKHOFF

HOFZAHNARZT UND LEHRER AM ZAHNÄRZTLICHEN UNIVERSITÄTS-INSTITUT IN MÜNCHEN.

MIT 59 ABBILDUNGEN IM TEXT.

WIESBADEN.

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1902.

MENSCHENAFFEN

(ANTHROPOMORPHAE)

STUDIEN ÜBER ENTWICKELUNG UND SCHÄDELBAU

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL SELENKA
PROFESSOR IN MÜNCHEN.

VIERTE LIEFERUNG:

DER UNTERKIEFER DER ANTHROPOMORPHEN UND DES MENSCHEN

IN SEINER

FUNKTIONELLEN ENTWICKELUNG UND GESTALT

VON

DR. OTTO WALKHOFF
HOFZAHNARZT UND LEHRER AM ZAHNÄRZTLICHEN UNIVERSITÄTS-INSTITUT IN MÜNCHEN.

MIT 59 ABBILDUNGEN IM TEXT.

WIESBADEN.
C. W. KREIDEL'S VERLAG.
1902.

Druck der kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

DER UNTERKIEFER

DER

ANTHROPOMORPHEN UND DES MENSCHEN

IN SEINER

FUNKTIONELLEN ENTWICKELUNG UND GESTALT

VON

DR. OTTO WALKHOFF
HOFZAHNARZT UND LEHRER AM ZAHNÄRZTLICHEN UNIVERSITÄTSINSTITUT IN MÜNCHEN.

WIESBADEN.
C. W. KREIDEL'S VERLAG.
1902.

Einleitung.

In seiner Abhandlung über die Leistungsfähigkeit der Prinzipien der Descendenzlehre zur Erklärung der Zweckmässigkeiten des tierischen Organismus stellte Roux im Jahre 1880 zwei für die Entwickelungsmechanik hochbedeutsame **Grundgesetze der funktionellen Anpassung** auf. Das morphologische Gesetz sagt folgendes: „Die stärkere Funktion vergrössert das Organ bloss in denjenigen Dimensionen, welche die stärkere Funktion bieten." Rouxs physiologisches Gesetz der funktionellen Anpassung lautet: „Die stärkere Funktion ändert die qualitative Beschaffenheit der Organe, indem sie die spezifische Leistungsfähigkeit derselben erhöht." Ob diese Gesetze auch für die bloss passiv fungierenden Organe, wie Knochen, Knorpel und Bänder Giltigkeit haben würden, überliess Roux damals besonderen Untersuchungen. In seinem bald darauf erschienenen Werke „Der züchtende Kampf der Teile im Organismus" hat dieser Autor alsdann nachgewiesen, dass die durch die stärkere Funktion der Organe entstehende funktionelle Hypertrophie nicht immer Ähnlichkeitswachstum, d. h. Vergrösserung nach allen Durchmessern proportional ihrer Grösse hervorbringt, sondern dass durch eventuelle Beschränkung der Vergrösserung auf eine oder zwei Dimensionen morphologisch neue Charaktere erzeugt werden. Dieselbe Regel sei aber auch unter entsprechender Abänderung für die entgegengesetzte Richtung der funktionellen Anpassung also für verringerte Funktion aufzustellen. Roux hat aus diesem Gesetz die **funktionelle Selbstgestaltung** der zweckmässigen Struktur hergeleitet, woraus sich dann die äussere Gestalt der Organe, die Richtigkeit des soeben genannten Vorganges vorausgesetzt ergeben muss. Durch diese Arbeiten muss Roux als Begründer der heutigen Lehre von der Entwickelungsmechanik der Organismen angesehen werden.

Für das Knochengewebe hatten bekanntlich schon eine ganze Reihe von Autoren, speziell v. Meyer und J. Wolff, bewiesen, dass die innere Architektur des-

selben in vielen Fällen nach den Regeln der graphischen Statik und Dynamik sich ausbildet. Zwar müssen wir leider noch immer mit jenem fundamentalen, nicht genügend erklärten Prinzip alles Organischen, mit der Vererbung als einer Thatsache rechnen, solange nicht die zweite grosse Frage DARWINS nach der Entstehung der Variabilität und zwar der einzelnen Organe einigermassen erklärt ist. Für diese wird die Entwickelungsmechanik hauptsächlich in Betracht zu ziehen sein. Trotz der auftretenden individuellen Variationen der äusseren Form müssen die Grundelemente des Aufbaus eines Organs erkennbar vorhanden sein, denn Verschiedenheit der Form kann nur aus der verschiedenen Beanspruchung durch die Kräfte, welche auf einzelne Teile des Organs wirken, entstehen. Nach den Gesetzen der Entwickelungsmechanik werden sich neue Formen aber nur der veränderten inneren Struktur entsprechend, ausbilden können. Gelingt ein solcher Nachweis, welcher vergleichend in Bezug auf die Konstruktionselemente der Organe bei verschiedenen Tieren durchgeführt ist, so werden sich häufig wichtige Rückschlüsse auf verwandtschaftliche Beziehungen der einzelnen Spezies ziehen lassen. Denn eine vermehrte oder verminderte Funktion einzelner Konstruktionselemente muss nachweislich wiederum die äussere Form eines Organs verändern, so dass eine Variation der letzteren entsteht. Da die unendlich verschiedenen Lebensbedingungen für die Spezies und Individuen einer Tierordnung die Ernährung, besonders aber die zu diesem Zweck vorhandenen Organe wohl im höchsten Grade beeinflussen können, so mussten Untersuchungen der äusseren Form und der Knochenstruktur der Kiefer, vergleichend auf eine Anzahl von Arten angewendet, zu einem sicheren Prüfstein jener Gesetze werden, welche die Grundlage der Lehren von der funktionellen Gestaltung des Knochengewebes unter gewissen Bedingungen bilden sollen.

Wir werden im folgenden nachzuweisen versuchen, dass jene Gesetze ROUXS in der That das Fundament für die Beurteilung der variablen Kieferstruktur und Kieferform der Primaten bilden. Für den menschlichen Organismus geltend habe ich die Lehren der Entwickelungsmechanik teilweise bereits in der Deutschen Monatsschrift für Zahnheilkunde (Dezemberheft 1900 bis Märzheft 1901), allerdings im wesentlichen mehr in Rücksicht auf die Zahnheilkunde, erörtert. Es war für mich von grösstem Interesse, darnach vergleichend die Kieferstruktur der Anthropomorphen zu untersuchen, wie es Herr Professor SELENKA mir vorschlug. Einerseits mussten das Problem des nahen verwandtschaftlichen Verhältnisses der Primaten, andererseits die kolossalen Abänderungen der äusseren Kiefergestalt bei den einzelnen Spezies, aber auch die manchmal auffallenden Annäherungen der äusseren Form dazu auffordern. Durch die Güte der Herren Professoren HERTWIG, RÜCKERT, J. RANKE und SELENKA in München,

Maschka in Teltsch, Waldeyer in Berlin wurde mir ein überreiches Material zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank abstatten möchte.

Für Darstellungen der inneren Struktur der Kiefer habe ich auch für diese Arbeit in ausgiebiger Weise die photographische Wiedergabe der Objekte durch Röntgenstrahlen angewandt. Einerseits durfte das mir zur Verfügung gestellte kostbare Material nicht immer zerschnitten werden, andererseits ist die Radiographie meines Erachtens die sicherste Methode innere Knochenstrukturen in voller Klarheit wiederzugeben. Speziell für den Unterkiefer des Menschen und der Anthropomorphen, auf welchen ich mich in der vorliegenden Lieferung beschränke, eignet sich diese Methode sehr gut, weil der dünnere Knochen nicht mit grösseren Höhlen durchsetzt ist, wie die oberen Gesichtsknochen. Bei guter Ausführung übertrifft eine Röntgenaufnahme des Knochengewebes weitaus diejenige eines Fournierschnittes, welcher auf einer Unterlage von schwarzem Sammt in auffallendem Licht photographiert wird. Einerseits sind die Fournierschnitte technisch nicht immer gleichmässig auszuführen. Die Spongiosa leidet durch den Sägenschnitt, und lose Bälkchen gehen beim Auswaschen des ersteren leicht verloren. Reste von organischer Substanz bleiben häufig zurück und täuschen eine scheinbare Grösse vor. Aufnahmen mit Röntgenstrahlen geben dagegen immer das wahre Bild der Spongiosa und zeigen auch das Bälkchen, welches z. B. in nahezu derselben Richtung hinter dem an der Oberfläche liegenden Bälkchen zieht. Hierdurch wird es ermöglicht, auch von einem ganzen Knochen oft ein vollständigeres Bild der inneren Struktur zu erhalten, als es durch Anlegung zahlreicher Fournierschnitte und eingehende Vergleichung der photographischen Aufnahmen derselben zu erreichen ist. Es kommt hinzu, dass bei den Kieferknochen infolge der in ihnen enthaltenen Zähne es überhaupt häufig unmöglich ist, technisch tadellose Fournierschnitte durch den Kieferkörper auszuführen. Mithin erscheint die Röntgenaufnahme der Kieferknochen für die Ermittelung der inneren Struktur in vielen Fällen als die einzig richtige und brauchbare Methode. Ein gutes Radiogramm zeigt bei einem nicht zu dicken Knochen die Trajektorien der Knochenbälkchen in toto und sichert dadurch ein Übersichtsbild über die gesamte Anordnung der Spongiosa, welches bei Zerlegung des Knochens in einzelne Scheiben nur zu leicht verloren geht. Die grosse Entdeckung Röntgens kann auch auf dem Gebiete der Erforschung der Knochenstruktur als eine bahnbrechende bezeichnet werden, und selbst Serienschnitte lassen sich richtiger wiedergeben, als es durch die Photographie im auffallenden Lichte möglich ist. Die Radiographie wird voraussichtlich bei jeder Untersuchung über den Aufbau eines Knochens immer von unschätzbarem Werte sein.

Allgemeine Gesetze der Entwickelungsmechanik in Bezug auf die Architektur und äussere Form der Knochen.

Einige allgemeine Gesichtspunkte, welche auf die Architektur des hier in Betracht kommenden Knochengewebes Bezug haben und teilweise schon litterarisch niedergelegt sind, mögen hier als Einführung zu der vorliegenden Arbeit Platz haben.

Roux hat seine Theorie der funktionellen Anpassung auf die Annahme gegründet, dass der **„funktionelle Reiz“** speziell bei den Knochen dadurch entstehe, dass die durch Druck und Zug bewirkte Erschütterung und Spannung einen trophischen Reiz auf die Zellen ausüben, zufolge dessen die Knochen unter vermehrter Nahrungsaufnahme wachsen, eventuell sich verändern, respektive, dass die Osteoblasten an den Stellen stärkeren Reizes mehr Knochen bilden. Umgekehrt sinkt nach Roux bei dauernder Intaktivität durch Fehlen dieser Reize die Ernährung der Zellen, sodass sie das Verbrauchte nicht genügend ersetzen. Es verliert die Knochensubstanz allmählich ihre Widerstandsfähigkeit gegen die infolge der Intaktivität gebildeten Osteoklasten, ohne oder mit Beteiligung von andrängenden anderen Organen. Vielfach ist bei diesen Vorgängen der Kampf der Organe um den Raum, bei Nahrungsmangel auch der Kampf derselben um die Nahrung beteiligt.

Roux erwähnt in seinem Werke „Der züchtende Kampf der Teile im Organismus“ ferner, dass bei Röhrenknochen die äusseren Teile durch die Belastung zur Aktivitätshypertrophie angeregt und verdickt, die inneren Partien im Mittelstück aber entlastet werden. Damit wird auch gleichzeitig Atrophie eingeleitet und zur Röhrenbildung Veranlassung gegeben. In gleicher Weise erklärt Roux die Entstehung von Höhlungen, z. B. im Oberkieferbein und Siebbein, „wenn auch die Ursache der schliesslichen äusserlichen Abgrenzung des Prozesses noch unbekannt ist“. Es muss also bei trophischer Wirkung des funktionellen Reizes in den Richtungen, in welchen diese Kräfte am stärksten wirken, Begünstigung der Entwickelung, Aktivitätshypertrophie eintreten. In dem Maasse, als die in diesen

Richtungen entwickelten Teile der Funktion mehr und mehr allein genügen, werden die abweichend davon gelegenen Fasern durch Unterliegen in dieser Art eines Wettkampfes der Teile um die Funktion ihrer funktionellen Beanspruchung beraubt, durch Inaktivitätsatrophie allmählich verschwinden. Auf diese Weise müssen schliesslich die in den Richtungen stärkster Beanspruchung gelegenen, also stärkst fungierenden Fasern allein übrig bleiben. (Roux, Funktionelle Gestalt und Struktur der Schwanzflosse des Delphin.) Die äussere Gestalt der Knochen schmiegt sich der erworbenen inneren „funktionellen Struktur“ möglichst an und wird deshalb von Roux als „funktionelle Gestalt“ bezeichnet. Infolge dieses Vorganges wird nämlich die Oberfläche des Knochens zur Selbstbegrenzung seiner durch die Funktion bedingten Struktur. Sie verläuft also allenthalben den oberflächlichsten Strukturenteilen des Hauptsystems jeder Stelle parallel und damit zugleich „rechtwinkelig“ zu dem System der sekundären Beanspruchung, sodass nichts der Funktion Fremdes solchem normalen Knochen angefügt ist. (Roux, Knöcherne Kniegelenksankylose des Menschen.)

Über die Verwendung und den Zweck der Substantia spongiosa und compacta im allgemeinen hat sich Roux in der Abhandlung über Kniegelenksankylose ebenfalls schon geäussert. Die Spongiosa dient demnach zur Verteilung des Widerstandes auf einen grösseren Raum, als für Widerstandsleistung durch ein kompaktes Stück bei reiner Druck- und Zug- oder Reizungs-Beanspruchung nötig wäre, also für grössere statische Flächen, sowie auch gleichzeitig einen mehr elastischen Widerstand zu erzeugen. Die Substantia compacta ist dagegen für Zusammendrängung des festen Materials auf den kleinsten Raum zum Zwecke der Erreichung höchst möglichen Widerstandes an der beschränkten Stelle der relativ stärksten Beanspruchung bestimmt.

Auch über die Bedeutung der verschiedenen Lagerung der Spongiosa hat sich Roux sehr klar in seinem Artikel „Funktionelle Anpassung in der Real-Encyklopädie der gesamten Heilkunde“ ausgesprochen. Darnach entsprechen nur an solchen Stellen der Knochen rechtwinkelige Spongiosa-Maschen der Funktion und finden sich dort vor, wo der Druck, respektive Zug, immer genau in ein und derselben Richtung wirkt; während andererseits an Stellen, wo die Druckrichtung wechselt, die indifferente Form der Spongiosa mit rundlichen kleineren Maschen nötig ist, so z. B. allenthalben da, wo der Druck von dem relativ weichen Gelenkknorpel aus auf Knochen übertragen wird. Erst weiter innen, im knöchernen Skelettteile, ist vollkommene Konstanz der Druckrichtung vorhanden; und da findet sich dann auch beim Erwachsenen rein ausgebildet die Struktur der Spongiosa

rectangulata ordinata mit ihren kontinuierlich durch grosse Strecken durchgehenden Balkenzügen (Trajektorien). Diese von Roux aufgestellten allgemeinen Leitsätze der Entwickelungsmechanik kommen, wie sich aus den folgenden Untersuchungen ergeben wird, im wesentlichen auch bei dem Aufbau der Kieferknochen in Betracht.

Auf diesen Mitteilungen Rouxs fussend, gab später Zschokke in seinem Werke „Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik und Mechanik des Vertebraten-Skelettes" eine sehr gute **Einteilung der Beanspruchung eines Knochens**. Zschokke unterscheidet vier Arten der Belastung.

Die gewöhnlichste Beanspruchung ist die rückwirkende Festigkeit, d. h. eine Pressung in longitudinaler Richtung, welche aber keineswegs gleichmässig einwirkt oder gleich verteilt ist, sondern bald auf dieser, bald auf jener Seite stärker oder schwächer wird.

Eine weitere Beanspruchung des Knochens ist die Biegungsfestigkeit, welche namentlich an vorstehenden, dem Muskelzug ausgesetzten Fortsätzen zur Geltung kommt.

Die Torsionsfestigkeit ist nach Zschokke zwar nicht selten, dagegen wohl nicht intensiv.

Blosser Zug kommt endlich nach Zschokke am seltensten und wohl nur an gewissen Fortsätzen als physiologische Beanspruchung vor. Die Zugwirkung muss allerdings senkrecht von der Knochenoberfläche abgehen. Sobald der Zug in mehr centripetaler Richtung auf den Knochen einwirkt, so macht er sich in diesem als Druck geltend.

Zschokke macht auch mit Recht darauf aufmerksam, dass, im Gegensatz zu Meyer und Wolff, welche den Aufbau des menschlichen Knochengerüstes durch die aufrechte Stellung, also im wesentlichen durch die Statik erklären, beim Tiere die Knochen am meisten durch die Bewegung beansprucht werden, und dass deshalb der Muskeldruck bei der Beurteilung der Architektur der Knochen nicht ignoriert werden darf. „Es giebt Knochen und namentlich Knochenfortsätze, welche dem Belastungsdruck gar nicht ausgesetzt sind und gleichwohl ausgeprägte spezifische Spongiosabildung aufweisen, trotzdem nur Muskelzug auf sie einwirkt." Zschokke kommt demgemäss bei Tieren zu dem Ergebnis, dass bei gewissen Funktionen der Knochen der Muskeldruck häufig wesentlich grösser sei als der Belastungsdruck. Wenn man nun zugäbe, dass die Knochenbildung überhaupt durch die im Körpergewebe mechanisch wirkenden Kräfte beeinflusst werde, so sei man genötigt, einen Teil der Knochenform und auch der inneren Architektur der Muskel-

wirkung zuzuschreiben. Diese Meinung ZSCHOKKES trifft für die Gesichtsknochen meines Erachtens ganz besonders zu.

Der Oberkiefer ist dem statischen Einflusse nur wenig, der Unterkiefer aber überhaupt nicht unterworfen, seine ganze Gestaltung hängt im Gegenteil **nur** von der Muskelwirkung ab, wie bei keinem zweiten grösseren Knochen des Organismus. Seine innere Struktur und äussere Form müssen deshalb in klarer Weise die **Vollziehung der Funktion** beweisen, welche die ansetzenden Muskeln ausüben. Die Thätigkeit der Muskeln erfolgt bei den Kiefern in der That in grosser Reinheit, ohne dass statische Belastungsmomente mitspielen, welche das Bild der Muskelkraftbahnen häufig verwischen. Innerhalb derselben Spezies wird die allgemeine Anlage der letzteren streng inne gehalten. Die unendlichen Variationen der äusseren Knochenform beruhen aber auf **Ausbildung und Vollendung der vererbten Allgemeinanlage der Knochen** und zwar in der Weise, dass die **konstruktiven Teile** dieser Organe seitens eines jeden Individuums in Rücksicht auf die definitiven äusseren Formen gewissermassen **erst wieder neu erworben** werden. Eine durchaus gleiche Funktion aller Teile würde ja die ursprüngliche Anlage am leichtesten wieder hervorrufen. Die Neuerwerbung der Form ist aber gewöhnlich ganz individuell von den verschiedensten Lebensbedingungen und Beanspruchung jener Konstruktionsteile abhängig. Jenen passt sich jedes Individuum zwar nach Möglichkeit an. Nun müssen aber doch allmählich Wirkungen auf das Prinzip des organischen Lebens, den Abkömmling möglichst gleich dem Vorfahren zu gestalten, zustande kommen können. Solche Wirkungen werden einerseits durch die variable quantitative und qualitative Ernährung des wachsenden Individuums hervorgebracht, wenn schroffere Gegensätze zu derjenigen der Eltern auftreten. Weit mehr wird noch der **vermehrte** oder **verminderte Gebrauch** bestimmter Organe von Einfluss sein und zwar zunächst in Bezug auf die innere Struktur ihrer **konstruktiven** Teile. Die Abänderung dieser hat sehr bald die Umgestaltung der äusseren Form zur Folge, ein Vorgang, welcher insbesondere durch die erwähnten Arbeiten ROUXS erklärlich scheint. Die Thätigkeit eines aktiven Organs, vor allen Dingen der Muskeln, ist nicht nur bei gleichzeitiger Wirkung des statischen Belastungsdruckes selbstbestimmend für die eigne Form, sondern sie macht ihren Einfluss auch auf die Stützgebilde, speziell das Knochengewebe, geltend. Die Stärke der Funktion bei den aktiven Organen ist aber wiederum abhängig von der Beanspruchung des Stützorgans gegen zu überwindende äussere Kräfte. Als Angriffspunkt für diese spielen in den Kiefern die **Zähne** als Zwischenglied beim Kauakte die Hauptrolle.

Dementsprechend fasse ich für den Unterkiefer den Fundamentalsatz, welcher

auf den Lehren der Entwickelungsmechanik beruhend den leitenden Faden für die vorliegende Abhandlung bildet, folgendermaassen zusammen: Aus der vererbten Anlage erwächst die spätere Kieferform jedes Individuums **allein** durch die Funktion der **Muskeln,** wobei die **Zähne** die wesentlichsten Vermittler der aufgewandten Kraft sind und durch ihre Grössenentwickelung, ihren Gebrauch und Verlust auf den Kiefer formgestaltend wirken.

Es müssen also nachweislich bei den Kiefern durch Gebrauch oder Nichtgebrauch der Muskeln nicht nur individuell sehr verschiedene Formen entstehen können, sondern es werden sich infolge neuauftretender aber gleichförmiger Lebensbedingungen und Thätigkeiten für ganze Gruppen von Individuen wieder bestimmte Merkmale ausprägen. Sie werden dann zu einem wirklichen Stammes- oder Rassen-Typus Veranlassung geben und den Angehörigen derselben bestimmte **neue** Charaktere aufdrücken. Das ungelöste Problem der Vererbung schafft hier Schwierigkeiten.

Die Natur macht jedoch jedenfalls bei der typischen Formveränderung eines Organes keinen Sprung. Zunächst wird häufig nur ein einziger konstruktiver Teil desselben beeinflusst werden. Durch eine bestimmte Funktion erworbene Eigenschaften der Organe werden aber, obgleich zunächst individuell, doch vererbbar, wenn der Abkömmling unter gleichen oder vielleicht noch günstigeren Bedingungen die Funktion wiederum aufnehmen kann. Nachkommen können eine neuerworbene Eigenschaft möglichenfalls sogar noch weiter ausbilden und verstärken.

Solche Vorgänge müssen jedoch zunächst obigen allgemeinen Ausführungen entsprechend eine Abänderung der inneren Architektur, insbesondere der durch die Funktion beeinflussten Organe, aufweisen, welche entweder in eine Vermehrung oder im Abbau der histologischen Elemente besteht. Eine solche Abänderung betrifft häufig nur ganz bestimmte Teile eines Organs. Daraus erfolgt erst die äussere Gestalt, welche zu einer Dauerform für die Abkömmlinge solcher Individuen sein kann, so lange gleiche Vorbedingungen der Beanspruchung für die Organe obwalten. Abänderungen dieser Art in grösserem Umfange und an verschiedenen Organen können wieder zur Entstehung vollständig neuer Organ-Formen führen, wobei allerdings auch die Wirkung der veränderten Körperteile auf einander zur Geltung kommt.

Für die Kiefer der Primaten muss, wenn obige allgemeine Sätze Geltung haben sollen, nachzuweisen sein, dass bei ersteren Grundzüge des konstruktiven Aufbaues vorhanden sind, welche sich über alle Mitglieder der Klasse erstrecken. Andererseits müssen einzelne Teile der Kiefer eine besondere, zweckentsprechende innere Architektur je nach Beanspruchung durch die allein wirkende Muskelarbeit aufweisen. Das muss entweder im positiven Sinne durch eine Verstär-

kung der entsprechenden Kraftbahn des einschlägischen Muskels *oder* im negativen Sinne durch eine *möglichste Beschränkung* in die Erscheinung treten. Die äussere Kieferform wird diesen Variationen des Grundgesetzes schliesslich folgen, indem die stark beanspruchten Teile verdickt werden, minder belastete dagegen einem teilweisen Schwunde anheimfallen.

Bei einem derartigen Vergleiche des *Unterkiefers der Anthropomorphen und des Menschen musste die Erörterung der konstruktiven Teile bei den einzelnen Spezies und die Abänderungen, welche durch die funktionelle Selbstgestaltung hervorgerufen werden, der Hauptzweck dieser Arbeit sein.* Es scheint mir eine solche Untersuchung allerdings auch der beste Weg zur Erforschung des Problems einer *etwaigen gemeinsamen Stammesform* zu sein, von welcher sich vor unendlicher Zeit die einzelnen Spezies den Gesetzen der Entwickelungsmechanik folgend abgezweigt haben und ihren eigenen Weg gegangen sind.

Der Unterkiefer des Menschen und der Affen ist von jeher bei Erörterungen des Abstammungsproblems ein wichtiges Vergleichsobjekt gewesen. Deshalb musste auch die Bedeutung der bisher aufgefundenen ältesten Kiefer des Menschen und ihrer Eigenschaften ausgiebig erörtert werden, um bei dem anzustellenden Vergleiche die weit auseinandergehenden Meinungen durch die gewonnenen Resultate wieder möglichst einander nähern zu können.

Vergleich der äusseren Kieferformen bei den Anthropomorphen und den Menschen.

Da bisher seitens der Anatomen immer die äussere Form der Knochen als Ausgangspunkt für morphologische Untersuchungen gewählt ist, so ist es wohl angezeigt, die Unterkiefergestalt der Anthropomorphen und der Menschen zunächst vergleichend zu schildern. Dann ist in Rücksicht auf die soeben besprochenen allgemeinen Ergebnisse der Entwickelungsmechanik die Funktion und Wirkung derjenigen Muskeln zu erörtern, welche am Unterkiefer der Primaten ansetzend, eine grössere Rolle bei der Gestaltung spielen können. Alle jene Verschiedenheiten in der Entwickelung einzelner äusserer Formen werden, wenn die Lehren der Entwickelungsmechanik zu Recht bestehen, ihre Begründung in der Entwickelung der einzelnen Beanspruchungsbahnen finden.

Ich wähle zunächst zum ausführlichen Vergleich zwei Unterkiefer, welche durch eine sehr verschiedenartige Form sich besonders auszeichnen und für welchen mir das grösste Material zu Gebote steht, nämlich denjenigen des Orangutan und des heutigen Menschen.

Bei einem Vergleiche fällt sofort die mächtige Entwickelung des Kieferastes. die Grösse der Zähne und des gesamten Alveolarfortsatzes beim Orangutan auf. Selenka hat schon in der ersten Lieferung dieses Werkes S. 36 darüber Angaben gemacht. Dann treten der starke Prognathismus des gewaltigen Vorderkiefers und die enorme Ausbildung des äusseren Kieferwinkels in die Erscheinung, während diese Eigenschaften am Kiefer des civilisierten Menschen sehr zurücktreten.

Aber auch in kleineren Kieferabschnitten sind bedeutende Unterschiede vorhanden. Die Gelenkflächen des Capitulums sind beim Orangutan um ein bedeutendes grösser, der ganze Processus condyloideus überhaupt viel stärker entwickelt. Die Linea semilunaris schneidet beim Orangutan in die den Processus condyloideus mit dem Processus coronoideus verbindende Knochenplatte weit weniger ein als beim

Menschen. Deshalb erscheint auch der Processus coronoideus des Menschen viel dünner und länger. Der ganze Kieferast des Orangutan ist selbst unter Berücksichtigung der Kieferlänge doch noch viel breiter angelegt. Speziell betrifft dies die ganze untere Hälfte des Kieferastes, welcher in seiner äusseren Form bei ausgewachsenen Tieren oft nahezu ein Rechteck mit schwach abgerundeten Kanten bildet. Dasselbe steht am Ende des Kieferkörpers fast senkrecht zur Basalfläche. Es nähert sich der äussere und innere Kieferwinkel beim erwachsenen und speziell beim männlichen Orangutan einem rechten.

Die äussere Fläche des Kieferastes ist bei den Anthropomorphen nahezu vollständig glatt. Selbst die Ansatzstelle der M. masseter zeigt kaum eine gewisse Rauhigkeit der Knochenplatte. Nur bei den gewaltigen Kiefern alter Männchen treten auch an der Aussenfläche des Kieferastes Leistenbildungen geringeren Umfanges auf, und zwar als äussere Begrenzungslinien der später zu besprechenden Kraftbahnen, welche die innere Architektur des Knochens durchziehen.

Beim Menschen findet man auf der äusseren Platte des Kieferastes häufiger in der Richtung des M. masseter verlaufende Leistenbildungen. Dieselben sind jedoch nicht für die innere Architektur des Knochens massgebend, sondern beschränken sich in ihrer Anlage auf die Substantia compacta. Sie sind zwar als Versteifungsvorrichtungen beim menschlichen Kiefer anzusehen, leisten jedoch für diesen Zweck durchaus nicht das, was eine innere Verstrebung des Balkensystems vermag, welche wir bei der Besprechung der inneren Struktur des Orangutankiefers kennen lernen werden.

Eine äussere Knochen-Leistenbildung ist demnach selbst bei sehr starker Muskelfunktion nicht unbedingt nötig. Beide stehen noch nicht einmal im proportionalen Verhältnis zu einander.

Der vordere Rand des Kieferastes setzt sich immer in die Linea obliqua externa fort, welche bogenförmig zum Kieferkörper zieht. Beim Menschen tritt sie gewöhnlich anfänglich am Kieferkörper stärker als Leiste hervor als beim Orangutan. Der Kiefer des Affen zeigt dafür ein bedeutend stärkeres Vorspringen der äusseren Kieferplatte im ganzen. Sowohl bei dem Menschen wie den grossen Anthropomorphen kommt es vor, dass die Linea obliqua externa in der Gegend des zweiten Molaren sich teilt und noch zum unteren Kieferrande bis etwa zu der Richtebene des ersten Molaren fortsetzt. Mit dem Hauptzweige läuft sie dann in einem schwach angedeuteten Bogen unter dem Foramen mentale, um sich bei den Anthropomorphen wieder stärker gekrümmt zur Längsaxe des Eckzahnes zu erheben. Beim Menschen fehlt diese letztere Leistenbildung; die Linea obliqua externa zieht hier entsprechend der schrägeren

Stellung des Processus coronoideus vom inneren Winkel mehr geradlinig zum Foramen mentale, um sich nun allmählich zu verlieren oder bis zum Tuberculum mentale vorzudringen. Das Foramen mentale liegt auffaliend konstant im Milchgebiss des Menschen und sämtlicher Anthropomorphen in der Ebene des ersten Prämolaren, im bleibenden Gebiss unter dem zweiten Prämolaren. Die ganze vordere Fläche des Mittelstücks am Unterkiefer ist beim Orangutan glatt, während beim Menschen eine starke Konturierung der Fläche immer vorhanden ist.

An dem Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen kann man sehr gut einen Alveolarfortsatz, einen eigentlichen Kieferkörper und einen Basalteil unterscheiden. Eine horizontale Ebene durch die Grube an der inneren Kieferplatte der Affen und durch die Spina mentalis interna beim Menschen, nach dem äusseren Kieferwinkel hin gelegt, trennt die beiden letztgenannten Teile von einander.

Der Basalteil ist bei sämtlichen Affen von derjenigen des Menschen verschieden. Jener hat besonders im Vorderkiefer eine wirkliche Fläche (Basalfläche) aufzuweisen, während bei den Affen ein stark nach innen gebogener, jedoch schmaler Rand vorhanden ist, welcher eine wahre Basalfläche nur vortäuschen kann. Beim menschlichen Unterkiefer ist zwar auch ein gewisser Rand vorhanden, welcher die Vereinigung der beiden Kieferplatten an der Kieferbasis bildet. Indessen gehen beide Kieferplatten nahezu horizontal von diesem Rande ab, um erst nach einer gewissen Strecke ungefähr vertikal aufzusteigen. Dadurch bekommt der menschliche Unterkiefer neben der Basalfläche einen verhältnismässig stärker hervortretenden Basalteil, als wie ihn die Anthropomorphen besitzen. In Wirklichkeit gehört die nach unten schauende Fläche des äffischen Vorderkiefers nur der vorderen Kieferplatte an. Bei sämtlichen Affen wird jener gebogene Rand allgemein zu einer nach innen vorspringenden starken Leiste, welche die Frontalebene durch die ersten Molaren erreichen kann.

Die innere Kieferplatte zeigt bei beiden Spezies noch grössere Unterschiede als die äussere. Gemeinsam ist, dass erstere am Kieferaste mit grösseren leistenartigen Erhebungen versehen ist; diese bilden die hauptsächlichsten Insertionsstellen des M. pterygoideus internus und ziehen in annähernd centripetaler Richtung zum inneren Kieferwinkel. Am menschlichen Kiefer sind sie gewiss stärker ausgeprägt, als bei den Anthropomorphen. Hier ist der gesamte Knochen am äusseren Kieferwinkel meist gerade, oder sogar nach innen gebogen, während beim Menschen sehr häufig das Umgekehrte der Fall ist. Der M. masseter und pterygoideus internus sind bekanntlich Synergisten, und der aufsteigende Ast wird zwischen ihnen zu einer möglichst geraden Platte formiert, wenn die Muskeln sich bei ihrer Funktion das Gleichgewicht

halten. Am menschlichen Unterkiefer scheint jedoch im späteren Alter der M. masseter dem M. pterygoideus internus gegenüber zu dominieren und den äusseren Kieferwinkel nach aussen zu ziehen. Allein es kommen auch Abweichungen von dieser Regel vor. Nach PARIGI soll bei Völkern, welche vorwiegend von Fleisch leben, die Masseter-Temporalisgruppe überwiegen, welche die senkrechte Kaubewegung vermittelt; dagegen sollen diejenigen Stämme, welche von Pflanzenkost leben, und mehr die seitliche Kaubewegung durch das Zermahlen der Nahrung ausführen, stärkere Pterygoidei interni und externi besitzen.

Die Ausbildung des äusseren Kieferwinkels ist sehr variabel und offenbar ganz individuell. Form, Grösse und Dicke dieses Knochenteiles sind bei sämtlichen Anthropomorphen und beim Menschen niemals einander gleich. Beim Orangutan ist sogar der Scheitelpunkt des Winkels oft gar nicht genau zu bestimmen. Der äussere Kieferwinkel kann beim Orangutan wie bei sämtlichen Anthropomorphen nahezu ein rechter werden, wenn man die Stellung der ganzen Basalfläche zur hinteren Seite des aufsteigenden Astes berücksichtigt. Mir erscheint eine solche Bestimmung bei dem häufig fehlenden Scheitelpunkte des Kieferwinkels für den Orangutan genauer, als eine willkürliche Annahme des ersteren. Aber auch beim Menschen finden wir zumal bei den tiefstehenden Rassen äussere Kieferwinkel, welche sich gelegentlich dem rechten Winkel ziemlich nähern. Ich bestimmte z. B. den äusseren Kieferwinkel eines Eskimos auf 110 Grad. Messungen beim Orangutan zeigen durchschnittlich einen Winkel von 100 Grad, welcher bis zu einem solchen von 93 Grad abfallen kann.

Eine Anzahl von starken Knochenleisten sind ferner im oberen inneren Teile des Kieferastes vorhanden. Vom Processus condyloideus zieht eine solche zum inneren Kieferwinkel. Sie differiert in Bezug auf Stärke bei beiden Spezies nicht wesentlich. Noch kräftiger ist beim Orangutan eine Leiste von der Spitze des Processus coronoideus zum inneren Kieferwinkel. Sie setzt sich an der inneren Kieferplatte des Kieferkörpers in Gestalt eines sich stark vorwölbenden, grossen Wulstes bis zur Symphyse der Kieferhälften fort. Dieser Wulst bedingt eine ganz bedeutende typische Abweichung des Affenkiefers gegenüber der menschlichen Kieferform. Beim Menschen läuft an Stelle jenes Wulstes die ursprüngliche Leistenbildung bisweilen deutlich sichtbar vom inneren Kieferwinkel bis zur Spina mentalis interna fort. Diese Leiste, die alte Linea obliqua interna, wird neuerdings, weil sie gleichzeitig die Ansatzstelle für den M. mylohyoideus bildet, Linea mylohyoidea genannt. Immer läuft der Wulst und die Leiste bei allen Primaten in schräger Richtung nach dem vorderen Teile des Kieferkörpers. Die grossen Anthropomorphen haben keine ausge-

sprochene Linea obliqua interna. Der starke Wulst zeigt beim Orangutan sehr sanft verlaufende Formen, sowohl gegen den Alveolarfortsatz als auch gegen die Kieferbasis. Dementsprechend ist der Sulcus mylohyoideus und selbst die Fovea submaxillaris beim Orangutan im Gegensatz zum menschlichen Unterkiefer nur schwach angedeutet.

Der oberhalb der Linea obliqua interna liegende Alveolarfortsatz ist beim Menschen selten konkav, meistens flach, beim Orangutan dagegen konvex. Dasselbe gilt auch von der unter der Linea obliqua interna liegenden Kieferbasis. Sämtliche Übergänge der äusseren Form sind an der inneren Kieferplatte beim Orangutan vollständig ausgeglichen, sodass dadurch eine viel grössere Stärke des Alveolarfortsatzes und der Basis erzielt wird. Wir haben also auch an der inneren Kieferplatte des Orangutan wirklich ein unterscheidendes Merkmal zwischen Menschen- und Affenkiefer. Das Wichtigste ist jedoch das folgende. Sämtliche Affen haben statt jener Spina mentalis interna, welche den Ansatzpunkt für den M. genioglossus beim Menschen bildet, eine mehr oder minder tiefe **Grube.** Diese Grube galt in früherer Zeit für spezifisch äffisch. Neben den Muskelinsertionsstellen befindet sich beim Orangutan nahezu immer jederseits von der Medianlinie und etwas von ihr entfernt ein Foramen für den Eintritt eines Zweiges der Arteria sublingualis. Beim Menschen ist immer nur ein Foramen vorhanden, welches zwar genau in der Medianlinie, aber nicht an einen bestimmten Punkt in Rücksicht auf die vorhandene Spina mentalis interna gebunden ist. Das Gefässloch kann über und unter der Spina liegen. Letzterer kann sogar geteilt sein, dann liegt das Foramen zwischen beiden Hälften. Selbst die Stärke des eintretenden Gefässes ist sehr wechselnd, häufiger ist sogar ein Foramen beim Menschen makroskopisch gar nicht nachzuweisen.

Vordere und hintere Fläche des vorderen Unterkiefers sind bei dem starken Prognathismus der Affenkiefer also so sehr von denjenigen des Menschen verschieden, dass auch die Gefässbildung durchaus eine andere ist. Auf diese Erscheinungen ist in dem Kapitel über die Kinnbildung noch näher einzugehen. Es sei hier nur noch erwähnt, dass beim Orangutan jederseits nahe der Symphyse am rückwärts gebogenen Kieferrande eine stärkere Insertionsgrube für den M. digastricus vorhanden ist. Beim Menschen liegt dieselbe meist weniger ausgeprägt auf dem inneren Teile der Basalfläche, welche durch eine die beiden Kieferplatten verbindende verhältnismässig breite Knochenplatte ihren Ausdruck findet.

Die Schilderung der Unterkieferform vom erwachsenen Orangutan im Vergleich zum Menschen gilt im allgemeinen auch für die jungen Individuen beider Arten. Alle Leistenbildungen sind bei den jungen Orangutans jedoch noch weniger ausgeprägt.

Etwaige Vorsprünge, wie sie besonders an der Innenseite der Kiefer von jungen Orangutans vorkommen, sind durch die Entwickelung der grossen Dauerzähne, also durch die Alveolenbildung bedingt. Solche Formen sind noch nicht spezifisch, und selbst der Kiefer-Prognathismus ist noch nicht so ausgeprägt, wie bei alten Exemplaren.

Ein Vergleich der Unterkiefer vom Gorilla und Schimpanse mit denjenigen des recenten Menschen ergiebt bezüglich der äusseren Form etwas andere Resultate.

Der Processus condyloideus wird beim Gorilla meist noch stärker entwickelt als beim Orangutan. Speziell die Gelenkfläche ist, gleiche Geschlechter vorausgesetzt, grösser. Auch der Processus coronoideus erscheint beim Gorilla noch kräftiger. Die Linea semilunaris ist allerdings tiefer ausgeschnitten und der Körper des Kieferastes wird bei gleicher Höhe nicht so breit angelegt als beim Orangutan. Am unteren Rande der Symphyse findet sich nicht selten bei jüngeren Gorillas eine zwischen den M. digastrici gelegene Protuberanz, welche im späteren Alter verschwinden kann. Auch beim Gorilla tritt im Gegensatz zum Menschen der untere Kieferrand im vorderen Teile der Basis bedeutend nach innen, trotzdem der ganze Basalteil in Bezug auf Dicke enorm entwickelt ist. Zwischen den Insertionsgruben der M. geniohyoidei sieht man zuweilen eine ziemlich grosse Spina in der Medianlinie. Im übrigen ist jedoch die Grube für den M. genioglossus nahezu ebenso stark ausgeprägt wie beim Orangutan. Selenka erwähnt Seite 143 dieses Werkes die interessante Thatsache, dass junge Gorillas manchmal deutlich ein Kinn aufweisen. Die schon stark entwickelte Basis dominiert hier vorläufig noch über den geringer entwickelten Alveolarfortsatz mit den kleineren Milchzähnen. Indessen ist die äussere Form des vorderen Unterkiefers des Gorillas, mit derjenigen des Menschen verglichen, noch nicht einmal ähnlich zu nennen. Der Kieferprognathismus alter Gorillakiefer, besonders der Männchen, ist sogar nicht selten ebenso stark als beim Orangutan, trotzdem die Kieferbasis dieses Anthropomorphen nicht den Dickendurchmesser derjenigen eines gleichalterigen Gorillas erreicht.

Durch die vorspringende Spina, an welcher jederseits beim Gorilla die M. geniohyoidei ansetzen, wird wenigstens im Vorderkiefer der Anfang einer Basalfläche beim Gorilla erzeugt, auf welcher die M. digastrici inserieren. Der Wulst, welcher wie wir später sehen werden, durch die Wirkung der Zahnwurzeln an der hinteren Kieferplatte entsteht, liegt unmittelbar über der Insertionsstelle des M. genioglossus. Beim Orangutan liegt derselbe weit höher an der inneren Kieferplatte. Die Wurzeln der Schneidezähne sind beim Gorilla nämlich länger und durch ihre Krümmung nach hinten ist der Teil der inneren Kieferplatte, welcher über dem Wulste liegt, mehr konkav gestaltet als beim Orangutan. Die Grube für den M. genioglossus ist häufig in der Medianlinie durch eine Gefässrinne in zwei Hälften geteilt, welche durch zwei

erhöhte Leistchen begrenzt ist. Beim alten Exemplar des Gorilla setzt die Gefässrinne an und zwischen der Spina der M. geniohyoidei ein und zieht sich bis zum tiefsten Punkte der Grube, sich dabei Y-artig teilend. Jeder dieser beiden kleinen Gefässzweige senkt sich, ein kleines Foramen bildend, alsdann in den Knochen. Jene beiden grossen Gefässe in der Grube liegen unmittelbar über ihnen. Rings um jene Spina, welche durch die M. geniohyoidei erzeugt wird, liegen kranzförmig zahlreiche kleine Foramina.

Beim Schimpanse ähnelt die äussere Form des Kieferastes am meisten von allen Anthropomorphen derjenigen von Kiefern, welche wir bei den heutigen tieferstehenden menschlichen Rassen beobachten. Der äussere Kieferwinkel ist, wie es gewöhnlich beim Menschen der Fall ist, deutlich nach aussen gebogen. Beim Schimpanse scheint demnach der M. masseter über den M. pterygoideus internus zu dominieren. Der Kieferkörper, speziell der Vorderkiefer, hat jedoch durchaus den Typus der anderen grossen Anthropomorphen. Der Umbiegungsrand der Basis erreicht hier ebenfalls die Richtebene der ersten Molaren. Die Grube für den M. genioglossus ist durch eine Leiste geteilt, welche sich nach dem unteren Kieferrande bedeutend verstärkt fortsetzt, sodass eine scharfkantige, vorspringende Leiste in der Medianlinie die Basis in zwei Hälften teilt. Seitlich von dieser Crista sind tiefe Insertionsgruben für die M. geniohyoidei, welche besonders stark entwickelt zu sein scheinen, zumal nach aussen von ihren Insertionsgruben ebenfalls kleine Vorsprünge auftreten. Wir werden in einem späteren Abschnitte diese und die Spina zwischen den M. geniohyoidei des Gorilla noch in Bezug auf ihre Entstehung zu erläutern haben. Der obere Teil der hinteren Kieferplatte ist beim Schimpanse ziemlich kräftig, jedoch im Gegensatz zum Gorilla flach oder sogar schwach konkav entwickelt.

Von den Unterkiefern der grossen Anthropomorphen unterscheidet sich derjenige des Gibbons in vieler Hinsicht.

Beim Gibbon liegt der M. pterygoideus internus in einer förmlichen Höhlung, welche durch das Umbiegen des äusseren Kieferwinkels nach innen erzeugt ist. Die Umbiegung ist weit stärker als bei den übrigen Anthropomorphen. Der Kieferast ist verhältnismässig wiederum breit, wenn man die Länge des Kieferkörpers und seine geringere Höhe in Betracht zieht. Die Linea obliqua externa und interna treten auf den Kieferplatten des Gibbons stärker hervor, erstere besonders an dem stark entwickelten Eckzahn. Die Linea obliqua interna zeigt sich als schärfer ausgeprägte Leiste, welche aber dennoch jenem mächtigen Wulst der grossen Anthropomorphen entspricht. Die Symphyse des Gibbonunterkiefers zeigt daher eine etwas andere Konturierung, nämlich eine wenn auch kleine Spina, ähnlich der Spina mentalis interna

des Menschen, und zwar an der Vereinigungsstelle der Linea obliqua interna der beiden Kieferhälften. Wenn auch die Grubenbildung für den M. genioglossus beim Gibbon vorhanden ist, so weicht doch die ganze vordere Unterkieferbasis bedeutend von derjenigen der übrigen Anthropomorphen ab. Durch die geringere Ausbildung der M. digastrici ist nämlich der untere Rand der Kieferbasis beim Gibbon nur sehr wenig nach hinten gezogen, sodass der erstere in der frontalen Richtebene der Vorderzähne abschneidet. Die vordere Kieferplatte bildet auch beim Gibbon einen gleichmässigen, konvexen Bogen nach rückwärts. Obgleich von einer Ähnlichkeit des vorderen Unterkiefers beim Menschen und dem Gibbon nicht gesprochen werden kann, so kann man doch sagen, dass derjenige des Gibbons in der äusseren Form am meisten von denjenigen der übrigen Anthropomorphen und sämtlicher Affen überhaupt entfernt liegt und dem menschlichen Kiefer am nächsten steht. Ihm fehlt jedoch ebenfalls die eigentliche Basalfläche und die Kinnbildung vollständig.

Die grossen Geschlechtsunterschiede der Schädel vom Orangutan, Gorilla und Schimpanse, welche Selenka in der ersten Lieferung dieses Werkes Seite 29 beschrieben hat, wurden auf die enorme Entwickelung des Eckzahnes der Männchen zurückgeführt. Diese vergrössert noch den Prognathismus des vorderen Kieferkörpers, welcher sämtlichen Primaten mit Ausnahme des Menschen eigen ist. Nicht allein die Eckzähne der Männchen haben sich zu einer solchen Grösse entwickelt, sondern der ganze vordere Ober- und Unterkiefer ist durch die Vergrösserung sämtlicher Zähne bei den grossen Anthropomorphen und zwar bei beiden Geschlechtern stark prognath. Durch den sich stark entwickelnden Eckzahn erhält das Gebiss der Anthropomorphen in der Aufsicht die Gestalt eines Rechtecks oder eines U, dessen Biegungswinkel durch die Eckzähne gebildet werden. Der Prognathismus bei den männlichen Individuen ist entsprechend der grösseren Entwickelung der Eckzähne und teilweise auch der Schneidezähne noch überwiegender. Der menschliche Unterkiefer dagegen zeigt dieses Krümmungsmerkmal des Zahnbogens nur selten. Dasselbe ist hier mehr rundlich, einer Parabel ähnelnd.

Die gewaltigen Eckzähne der Anthropomorphen bieten ferner Gelegenheit zur Bildung von Knochenleisten, welche den Wurzeln dieser Zähne entsprechend verlaufen und den Affenschädeln jenes eigentümliche, eckige Aussehen des Gesichtsschädels verleihen, welches dem Menschen durchaus fehlt. Bei diesem sind keine Grössenunterschiede der Eckzähne beider Geschlechter zu konstatieren. Die von Schaaffhausen gemachte Angabe, dass die weiblichen Schneidezähne des Menschen grösser wie die männlichen seien, ist schon von Parreidt widerlegt. Deshalb kommen auch nicht jene Druckleisten in den Kieferknochen des Menschen zustande, welche z. B. selbst bei

den kleineren Eckzähnen des Gibbons im Ober- und Unterkiefer deutlich ausgebildet sind. Die Linea obliqua externa des Orangutanschädels wird dagegen in ihrem vorderen Abschnitt zum Eckzahn aufsteigend zu einer sehr starken Druckleiste. Die Crista canina im Oberkiefer wird als der Ausdruck des an dieser Stelle besonders lastenden Druckes beim Kauakte noch viel stärker ausgebildet. Im Oberkiefer ist eine weitere Druckleiste sowohl den Anthropomorphen als auch dem Menschen eigentümlich. Dieselbe entspringt zwischen dem ersten und zweiten Molaren des Oberkiefers, zieht in einem nach hinten schwach konvexen Bogen bis zum Processus zygomaticus des Stirnbeins und findet im Supraorbitalwulste ihren Stützpunkt gegen die Schädelkapsel, als sogenannte Crista alveolo-zygomatica. Ihre Kraftkomponente ist derjenige Abschnitt der Linea obliqua externa im Unterkiefer, welche an der Basis in der Richtebene des ersten Molaren im Unterkiefer endigt. Beide Leisten im Ober- und Unterkiefer führen zu der Stelle, wo zumeist die stärkste Beanspruchung beim Kauakte stattfindet (die Gegend der ersten Molaren). Da hier auch für den Menschen der stärkste Kaupunkt des Gebisses liegt, so ist jene Crista alveolo-zygomatica bei ihm verhältnismässig ebenso stark ausgebildet, wie bei den Anthropomorphen.

Es sei nun hier noch kurz der Variabilität gedacht, welche der menschliche Unterkiefer in Bezug auf seine äussere Form speziell innerhalb der verschiedenen Rassen aufweist. Während bei den Affen, abgesehen von allgemeinen Grössenverhältnissen, welche besonders den äusseren Kieferwinkel und den Prognathismus betreffen, grössere Abweichungen in der äusseren Form weniger zu konstatieren sind, finden wir beim Menschen in jedem einzelnen Teile des Kiefers ganz bedeutende Variationen. Hier spielt offenbar die mehr oder minder grosse Thätigkeit der Muskulatur, speziell der Kaumuskeln, die grösste Rolle. Von ihrer individuellen Funktion hängt vor allen Dingen die Breite des Kieferastes ab. Aber auch in Bezug auf den Processus coronoideus, den gesamten Alveolarfortsatz und die Entwickelung des Vorderkiefers ist der ungeheure Einfluss zu erkennen, welchen die Stärke der Muskel-Funktion auf die Ausbildung des Kieferknochens nicht nur bei den Anthropomorphen, sondern auch bei den Menschen hat. Im allgemeinen kann man sagen, dass die Betrachtung der Kiefer schon in der äusseren Form beim Menschen ein Sparen mit dem Baumaterial seitens der Natur zum vollsten Ausdruck gebracht wird. Nicht die runden, vollen Formen, welche kraftstrotzende Organismen im ganzen und in ihren einzelnen Teilen aufweisen, sind in den menschlichen Kiefern, besonders der civilisierten Nationen, vorhanden. Nur der notwendigste Aufbau der konstruktiven Teile macht sich, wenn ich den Ausdruck hier gebrauchen darf, skelettartig an ihnen geltend. Wir können am menschlichen Unterkiefer schon

in seiner äusseren Form die Umkehrung jenes obigen morphologischen Gesetzes von Roux sehen, nach welchem eine geringe Funktion das Organ in denjenigen Dimensionen verringert, welche die geringere Funktion leisten. Vergleichend ist leicht zu erkennen, dass bei den tiefstehenden Rassen die Kieferformen noch weit voller sind, während bei den zivilisierten Nationen die Leistenbildungen samt den Knochenvorsprüngen weit mehr zur Geltung kommen. Das Kinn ist meistens bei den Naturvölkern nicht so stark hervortretend, wobei der Prognathismus des Vorderkiefers allerdings eine wesentliche Rolle spielt; der gesamte Alveolarfortsatz ist höher, der aufsteigende Ast breiter, der äussere Kieferwinkel sich mehr einem rechten nähernd und die Gelenkköpfe sind breiter entwickelt. Die Linea obliqua externa kommt bei den tiefstehenden Rassen häufig kaum zur Geltung, und insbesondere in der Gegend der Molaren ist die äussere Kieferplatte viel höher gewölbt als beim Europäer. Die Linea obliqua interna ist gleichfalls nur nach unten hin scharf begrenzt. Der darüber liegende Teil der Alveolarplatte dagegen zum mindesten geradlinig, wenn nicht etwas konvex verlaufend. Der Basalrand des Kieferkörpers erscheint weit dicker, die Muskelansätze sind an den Kiefern stärker ausgeprägt. Alle diese Merkmale tiefstehender Rassen waren am deutlichsten bei Eskimo- und Australierschädeln, aber auch an Schädeln von Indianern, Massais, alten Peruanern und anderer niederer Rassen vorhanden, dagegen bei den Kiefern der zivilisierten Nationen in gleicher Mächtigkeit kaum vorkommend. Bemerkenswert ist, dass in Bezug auf die Höhe der Kieferäste kaum ein Unterschied zwischen denen der zivilisierten Nationen und der tiefstehenden Rassen vorhanden ist. Dagegen ist das Breitenwachstum des eigentlichen Kieferastes durchaus verschieden und ich konnte diesbezüglich z. B. zwischen dem normalen Kiefer eines Europäers und denjenigen eines Eskimos einen Unterschied von 15 mm konstatieren. Ähnliche Unterschiede ergaben sich in der Höhe des ganzen vorderen Kiefers, welcher bei den tiefstehenden Rassen weit mehr durch die energische Verarbeitung der Nahrungsmittel zur Funktion kommt. Dass übrigens innerhalb einer menschlichen Rasse die äussere Kieferform von dem Gebrauch durchaus abhängig ist, zeigt nicht allein die weisse Rasse, sondern auch die übrigen. Bei jenem alten Kulturvolk der Chinesen findet man häufig Kiefer, deren Ausbildung in Bezug auf Masse sich nicht über das Niveau europäischer Kiefer der hochzivilisiertesten Nationen erhebt. Die detaillierte Schilderung der äusseren Form des vorderen Unterkiefers beim Menschen und der Anthropomorphen muss ich nach Erörterung der inneren Architektur der übrigen Teile einem besonderen Kapitel vorbehalten.

Die innere Architektur des Unterkiefers.

I. Bildung und Verwendung der Substantia compacta und spongiosa beim Aufbau des Kieferknochens.

Der Unterkiefer wird wie die übrigen Gesichtsknochen bei der Entwickelung bekanntlich nicht knorpelig vorgebildet, sondern entsteht aus dem häutigen Kieferbogen, in welchem ein Knochenkern den ersten Ausgangspunkt zu einer ausgedehnten Spongiosa mit zartesten Bälkchen bildet. Anfänglich sind die letzteren vollständig zellfrei, später nehmen die angrenzenden Zellen in Gestalt von Osteoblasten Anteil, wodurch eine Verstärkung der Bälkchen eintritt und wirkliche Knochenkörperchen mit eingeschlossen werden. Der Prozess ist derselbe wie bei der periostalen Knochenbildung, doch bleibt auch die Substantia spongiosa des Unterkieferkörpers central oft auf diesem Standpunkte stehen, sodass nur sehr wenige Gefässe in die Balken eingeschlossen werden, und wirkliche Gefässkanäle also zunächst kaum in ihr angetroffen werden. Dagegen liegen reichlich Gefässe im Marke selbst, und hier werden unter später zu besprechenden Bedingungen, welche der Zweckmässigkeit für den Knochenbau im allgemeinen entsprechen, Gefässe in Markzellen, teils auch in primitive Kanälchen umgewandelt. Das Kieferperiost ist dann schon lange in Thätigkeit, das Gefässsystem des Markes tritt mit demjenigen der Knochenhaut in Verbindung, und nun ist die Möglichkeit gegeben, den wachsenden Knochen je nach seiner wechselnden Beanspruchung durch äussere Kräfte in der inneren Architektur, und damit auch in seiner äusseren Form zu verändern. Die Knochenbildung vom Periost aus erfolgt zunächst bekanntlich durch die Osteoblasten in ähnlicher Weise in Form von kleinen Bälkchen, welche jedoch sehr bald ein mehr lamellös geschichtetes Knochengewebe darstellen. Allmählich geht aber der Vorgang hier in der Weise vor sich, dass die Osteoblasten einerseits mehr in einer Lage auf der Oberfläche ihr Produkt bilden. Andererseits wird der Knochen durch ein Hineinbeziehen der Gefässkanäle des Periostes aufgebaut.

Das geschieht um jedes Gefäss in Form von Lamellensystemen. Beide Vorgänge zusammen erzeugen an der Oberfläche des Knochens die Substantia compacta. Um die wechselseitigen Beziehungen der letzteren zur Substantia spongiosa in den verschiedenen Altersperioden des Unterkiefers zu verstehen, müssen wir noch einen kleinen Blick auf das Wachstum desselben werfen. Schon durch frühere Untersuchungen, besonders von LIEBERKÜHN und KOELLIKER, ist nachgewiesen, dass das Wachstum des Unterkiefers an den Ästen darauf beruht, dass am hinteren Rande des Kieferastes und zwar Processus coronoideus und condyloideus ganz besonders aber am äusseren Kieferwinkel eine starke Apposition von Knochengewebe stattfindet. Andererseits wird der vordere Rand des Processus condyloideus und coronoideus fortdauernd resorbiert. KOELLIKER erklärt demnach insbesondere das Wachstum des Unterkiefers in der Weise, dass, während der vordere Rand des Processus coronoideus immer am jeweiligen hintersten Zahn steht, doch nach und nach Raum für alle Alveolen geschaffen wird, und der aufsteigende Ast beim Erwachsenen gerade noch einmal so weit von den vordersten Schneidezähnen absteht als beim neugeborenen Kinde. Diese Vorgänge am Kieferaste folgen nun durchaus jenem Gesetze der Entwickelungsmechanik, nach welchem An-, Um- und Rückbau im Knochengewebe von der Beanspruchung der Teile abhängig ist. Die Transformation der ursprünglich regellos gelagerten Substantia spongiosa in bestimmte Bahnen, sogenannte Trajektorien, erfolgt im Kieferaste teilweise schon während des Embryonallebens. Zur Zeit der Geburt findet man beim Menschen schon ein Trajektorium vom Processus condyloideus ausgehend und in gerader Richtung im ganzen Kieferkörper verlaufend. Dieses primäre Trajektorium bleibt während des ganzen Lebens erhalten; es ist der Ausdruck des Rückstosses der Mandibula in longitudinaler Richtung, und zwar des indirekten im Gegensatze zu dem direkten Rückstosse, welcher den Kiefer durch die Zähne trifft. Dieser Grundzug bildet somit die Axe auch für die Richtung der rückwirkenden Festigkeit gegen das Gelenk, welche bei der Funktion des Knochens im hohen Grade zur Geltung kommen muss. Sehr bald erfährt nun das ursprünglich geradlinige Trajektorium eine Knickung und zwar unmittelbar hinter dem Alveolarfortsatze. Das Wachstum der Zähne und die Entwickelung des Alveolarfortsatzes bedingen diese Knickung, und da rückwärtig immer neue Zähne zur Funktion kommen,



Fig. 1.
Mensch: Unterkiefer eines Neugeborenen.
Gradliniges Trajektorium des Rückstosses vom Processus condyloideus zu den Zahnanlagen ziehend (späteres trajectorium bifidum).

wird jene immer stärker. Es kommt an der Knickungsstelle somit schon sehr frühzeitig zu einer wirklichen Transformation des primären Knochengewebes.

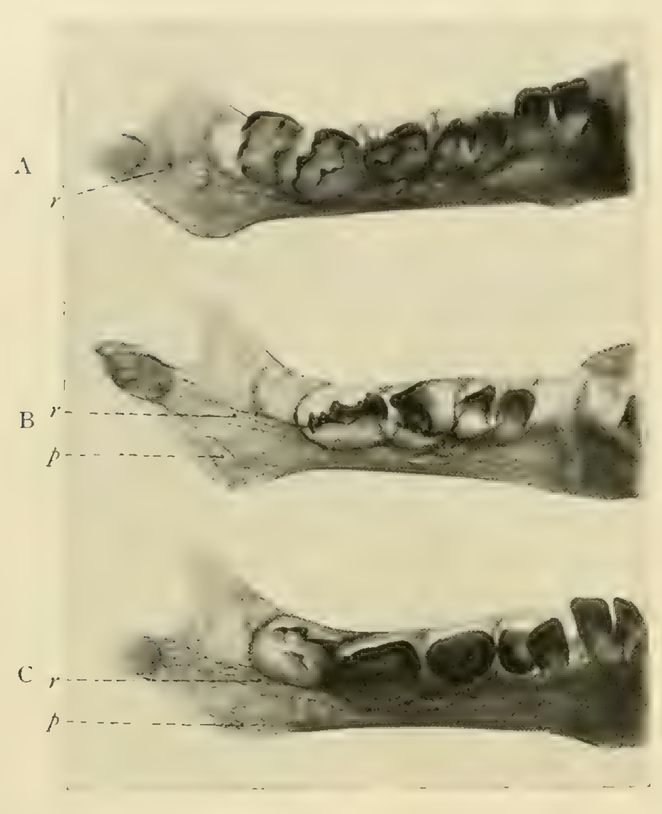


Fig. 2.
Entwickelung der Trajektorien beim Menschen im Alter von:
A 2 Monaten. Nur das Druck-Trajektorium *r* der allgegemein rückwirkenden Festigkeit ist vorhanden.
B 4 Monaten. An der hinteren Seite des Kieferastes bildet sich das Druck-Trajektorium *p* der rückwirkenden Festigkeit für die grossen am äusseren Kieferwinkel ansetzenden Kaumuskeln aus.
C 6 Monaten. Neben der Verstärkung jener Trajektorien bildet sich dasjenige des M. temporalis als Zug-Trajektorium aus.

Sehr bald nach der Geburt werden im Kieferaste weitere Trajektorien durch die spezifische Funktion der einzelnen Muskeln ausgebildet. Einerseits zieht ein solches von der Spitze des Processuus coronoideus zum inneren Kieferwinkel, ein zweites läuft vom Procesuss condyloideus zum äusseren Kieferwinkel parallel dem hinteren Rande des Kieferastes. Radiogramme jugendlicher Kiefer verschiedenen Alters lehren, dass hier zu dieser Zeit eine gewaltige Apposition stattfindet. Die durch das Periost gelieferte Substantia compacta wird an dieser Stelle sehr schnell zur Spongiosa umgebildet. Am unteren Kieferrande wird durch das Periost ebenfalls eine stärkere Lage Compacta formiert, welche jedoch weniger die Tendenz hat, nach dem Inneren zu sich in Spongiosa umzuwandeln. Durch beide Neubildungen wird der äussere Kieferwinkel bedeutend verstärkt. Der stumpfe Winkel nähert sich mehr einem rechten. Die sich am inneren Kieferwinkel hinter den Milchzähnen entwickelnden bleibenden Molaren haben ursprünglich ihren Platz mitten in der Spongiosa. Durch den sich vorbereitenden Durchbruch der Molaren wird jenes Trajektorium im Processus coronoideus jedesmal zerstört und überflüssig. Dafür wird ein neues Trajektorium hinter dem durchbrechenden Zahne formiert, jenes alte nun wertlose verfällt dagegen der Resorption. Auf diese Weise wird ein neuer vorderer Rand

am Processus coronoideus formiert und da die Resorption wesentlich am inneren Kieferwinkel vor sich geht, so wird der letztere ebenfalls ein kleinerer Winkel. Diese Vorgänge wiederholen sich jedesmal, wenn ein neuer Molar sich zum Durchbruch anschickt. Auch jenes primäre Trajektorium für den Rückstoss gegen das Gelenk wird durch die Entwickelung der Zähne in ihm betroffen. Die obere Begrenzungslinie dieses Trajektoriums rückt mit jeder Zahnentwickelung zunächst etwas höher, um nach vollendetem Durchbruch des Zahnes wieder die alte Lage anzunehmen. Dies kann natürlich wieder nur durch zweckentsprechende Umformung des Knochengewebes in seinen inneren Elementarteilchen geschehen.

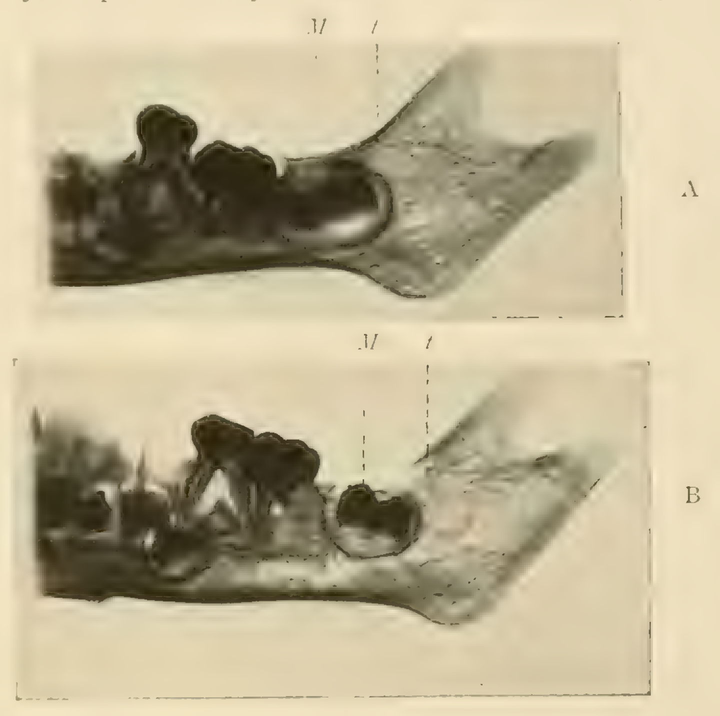


Fig. 3.
Umbildung der Trajektorien beim Zahndurchbruch am inneren Kieferwinkel.
A Der erste bleibende Molar *M* zerstört bei seinem Durchbruch das Trajektorium *t* des M. temporalis, sodass der Zustand in B erscheint. Das Trajektorium bildet sich hinter dem durchbrochenen Zahn von neuem aus.

Die ursprünglich aus zartesten Bälkchen bestehende Spongiosa wird im Verlauf dieser Vorgänge allmählich zu einem gröberen rechtwinkeligen Maschenwerk umgebildet, welches der Funktion entsprechend dem Gesetze der Transformation des Knochens durchaus folgt, wenn eine gewisse Konstanz der Beanspruchung nach Vollendung des gesamten Zahnwechsels wieder erreicht werden kann.

In der neutralen Axe des Trajektoriums für den direkten Rückstoss liegt dauernd die Arteria maxillaris interna, welche durch ihren Verlauf gleichzeitig damit die geringste Belastungsstelle im Knochen anzeigt. Seitlich von dieser neutralen Axe können alle konstruktiven Teile der Mandibula nicht allein sehr verschiedene Grössenverhältnisse aufweisen, sondern die Spongiosa kann sämtliche in der Einleitung erwähnten Zwischenstufen je nach Bedürfnis durchlaufen. Ja wir werden sogleich sehen,

dass, wenn die Spongiosa nicht genügt, bei der stärksten Beanspruchung Substantia compacta für erstere eintritt. (Wie gewaltig jener Rückstoss des Kiefers gegen das Gelenk ist, kann man leicht aus Radiogrammen der Schädelkapsel ersehen. In dieser wird proportional der aufgewandten Kraft eine sehr grossmaschige Spongiosa von der verschiedensten Ausdehnung angelegt. Die Balken dieser Spongiosa stehen centrifugal auf der Gelenkpfanne und bilden besonders beim Gorilla ein grossartiges System federnder Streben, welches die heftigen Stösse aufnimmt und die direkte Wirkung dieser auf das Innere der Hirnkapsel verhindert.)

Die Betrachtung der Spongiosa in Querschnitten der Unterkiefer von Menschen und den Anthropomorphen zeigt ferner eine unendlich verschiedene Stärke der Knochenbälkchen und Weite der Maschen. Das ist nicht allein generell, sondern sogar sehr individuell. Wenn nach der Rouxschen Anschauung Substantia spongiosa in der Weise aufgebaut wird, dass sie die funktionelle Leistungsfähigkeit eines Knochens unter Verwendung des geringsten Materials ermöglicht, so muss gerade der Unterkiefer des Primaten ein typisches Beispiel dafür sein. Das Gewicht eines Knochens, welcher ganz aus Substantia compacta gebildet wird, ist so gross, dass auch die Muskeln um ein bedeutendes kräftiger sein müssen, um schon das Gewicht der toten Masse zunächst zu überwinden, und dann noch die gewünschte Kraftleistung ausführen zu können. Zum Aufbau eines Knochens, bestehend aus reiner Substantia compacta, wird deshalb die Natur nur in den seltensten Fällen greifen. Für die weitaus meisten Knochen genügt es, dass sie mit einer Schale kompakter Substanz umgeben sind, welche bei der aufzuwendenden Kraft des Knochens vor Durchbiegung und Bruch schützt. Die Knochen müssen bei ihrer Funktion den allgemeinen Hebelgesetzen folgen; der Hebel muss demgemäss im Augenblicke der Funktion eine gewisse Starre besitzen, um seinen Zweck erfüllen zu können. Die äussere Lage von Substantia compacta, welche den Knochen bildet, muss auch in ihrer Stärke sich der geforderten Kraftleistung anpassen.

Bei der meist nach den Lehren der Statik erfolgten Beurteilung des Aufbaues eines Knochens hat man in der neueren Zeit mit den Gesetzen des Hebels weniger gerechnet und die Wichtigkeit desselben ist oftmals in den Hintergrund getreten. Dennoch ist die Hebelwirkung manches Knochens seine wichtigste Funktion und diese muss in der Hauptsache die Substantia compacta des Knochens bewirken. Gleiche Raumteile vorausgesetzt, kann die letztere bei der Hebelwirkung durch eine noch so kunstvoll aufgebaute Spongiosa niemals ganz ersetzt werden. Ein homogener Körper, in welchem alle Moleküle dicht nebeneinander liegen, kann bei einem plötzlich auftretenden, sehr grossen seitlichen Druck mehr Belastung tragen,

als ein noch so exakt ausgeführter Aufbau von Streben, welche den gleichen Raum ausfüllen wie jener solide Körper. Bei letzterem sind die zwischen den Balken der statischen Konstruktion liegenden Partikel wiederum Streben gegen scherende Kräfte. Das Gleiche gilt von einem Hebelarm, welcher im Moment seiner Belastung für die Kraftleistung möglichst starr sein muss, um die auf ihn ausgeübte Energie zu übertragen. Die Substantia compacta giebt somit dem Knochen gegen plötzlich auftretenden Druck seine grösste Festigkeit und sichert seine Starrheit bei der Hebelwirkung.

Die Starrheit des Gewebes ist aber nicht absolut. Selbst die stärkste Substantia compacta ist biegungsfähig und komprimierbar. Ohne die beiden letzteren Eigenschaften des Knochens würde sich die Spongiosa nicht zu bestimmten Zügen umformen und unterstützend bei der Belastung der Compacta eintreten können. Sie würde dann nicht unter dem Einfluss eines funktionellen Reizes stehen, sondern in der ursprünglichen Anlage verharren. Auch sie wird also bei der Funktion des Knochens jedesmal beansprucht.

In der Spongiosa kommt nun zwar das sparende Prinzip der Natur mit dem Baumaterial zur Geltung; sowie sie aber eine Belastung erfährt, ist sofort die Möglichkeit einer Verdichtung für sie vorhanden, ein Vorgang, welcher sich in einer Verstärkung der ursprünglichen Knochenbälkchen, aber auch zu einer Zusammenpressung äussert, somit zu einem dichteren, neuen Maschenwerk führt, und endlich kompakte Substanz an Stelle der Spongiosa auftreten lässt. Selbst zarte Weichteile können zu diesen Vorgängen Veranlassung geben.

Ein gutes Beispiel für diese Verdichtung der Spongiosa ist die Zahnentwickelung. Die Röntgenaufnahmen Fig. 4 und 5 zeigen, dass bei dem Wachstum des Zahnkeims die provisorische weite Alveole sehr bald durch eine Lade gebildet wird, deren Wandung aus Substantia compacta besteht. Die Vergrösserung des Zahnkeimes bei der Erzeugung der Zahnsubstanzen bewirkt also hauptsächlich eine Kompression und nicht eine Resorption der umgebenden Spongiosa. Die neue Compacta bildet dann das Widerlager für den durchbrechenden Zahn, welcher im wesentlichen seinen Durchbruch dadurch bewirkt, dass auf diesem Widerlager der Pulpawulst den schon fertig gebildeten Zahnteil (und zwar sowohl die übrige Zahnpapille als auch dadurch indirekt das sogenannte Zahnscherbchen) und später die Zahnkrone vor sich hertreibt, wenn das Wurzelwachstum fortschreitet. Die Verdichtung der spongiösen Knochensubstanz um den sich entwickelnden Zahnkeim wird damit zu einem der wichtigsten Momente für den Zahndurchbruch überhaupt. Der letztere erfolgt in der Richtung des geringsten Widerstandes, welchen der durch den wuchernden Pulpawulst fortgeschobene

Zahnteil findet. Dieser bringt an seiner Spitze vor dem Durchbruch die Alveole, welche häufig in beträchtlichem Umfange den Zahnkeim umschliesst, wieder zur Resorption. Gleichzeitig wird jedoch auch der wuchernde Pulpawulst eines wachsenden Zahnes durch den Kieferknochen bei seiner Funktion in hohem Grade beeinflusst. Die zunächst durchbrechenden Vorderzähne passen sich bei der weiteren Wurzelbildung möglichst dem Gesetze des geringsten Widerstandes folgend der neutralen Axe des direkten auf sie ausgeübten Rückstosses an. Da sich im Unterkiefer be-

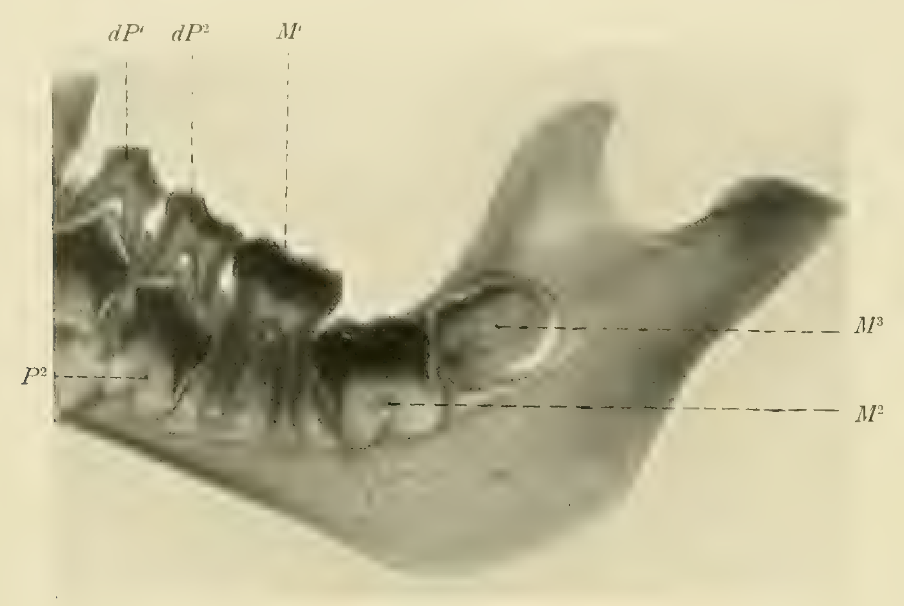


Fig. 4.
Zahnentwickelung im rechten Unterkiefer eines Orangutans, innere Seite zeigend.
Die Milch-Prämolaren sind schon teilweise durch die nachfolgenden bleibenden Prämolaren zur Resorption gebracht. Letztere sind wie der zweite bleibende Molar im Stadium der beginnenden Wurzelbildung. Die mesiale Wurzel des ersten Molar ist ganz, die distale bis auf die Spitze fertig gebildet. Die Kronenbildung des Weisheitszahnes hat begonnen. Die Trajektorienbildung besteht aus einer noch sehr kleinmaschigen Spongiosa.

sonders die Backenzähne in jenem schon erwähnten Hauptzuge der Spongiosa, welcher indirekt auf rückwirkende Festigkeit gegen das Gelenk hin beansprucht wird, entwickeln, so dass die Wurzeln zuletzt bis zur neutralen Zone dieses Trajektoriums reichen, erstere aber zu letzterem senkrecht wachsen, so erfolgt hier eine neue Einwirkung auf den wuchernden Pulpawulst. Er passt sich auch jenem indirekten Rückstosse an, welcher besonders durch die vorderen schon funktionierenden Zähne nach dem Gelenk hin erfolgt. Die Wurzeln der Backenzähne sind deshalb im Unterkiefer regelmässig nach hinten gekrümmt, zumal gleichzeitig bei der Wurzelentwickelung der dahinter



Fig. 5.

Vier Unterkiefer des Orangutans in der Zahnentwickelung.

A und *B* Sämtliche Milchzähne stehen noch. Die Kronen der mittleren bleibenden Schneidezähne beginnen zu verkalken, ebenso diejenige des ersten bleibenden Molaren. *A* ist ein etwas jüngerer Kiefer wie *B*, neben der Zahnentwickelung zeigt das auch die bei *A* stärker hervortretende Symphyse.

C zeigt den beginnenden Zahnwechsel. Die Zähne brechen in unregelmässiger Stellung durch. Das Wurzelwachstum ist in fortschreitender Entwickelung und zeigt die Anfänge einer wirklichen Wurzelpulpa. Die bleibenden Incisivi haben drei Spitzen auf der Schneide, die Kronenpulpa hat ebenfalls drei Divertikel, von denen der äussere, wie beim Menschen, der grössere ist.

D Sämtliche Schneidezähne sind gewechselt und durch Zungen- und Lippendruck gerade gestellt. Das Wurzelwachstum nähert sich der Vollendung. Die gewaltigen bleibenden Eckzähne sind noch tief im Kiefer verborgen und nur in der Krone ausgebildet. Die Milcheckzähne sind noch vorhanden.

Sämtliche Zähne in der Entwickelung zeigen die stark verdichtete Spongiosa um die Zahnanlage.

sich entwickelnde Zahn das Bestreben hat, die vorderen nach vorn zu drängen. Indessen selbst der untere Weisheitszahn hat zumal beim Menschen oftmals eine stark nach hinten gekrümmte Wurzel; deshalb nehme ich als hauptsächliches Moment weit mehr die Wirkung des indirekten Rückstosses für diese Wurzelkrümmungen in Anspruch. Aus diesen Gründen erklären sich leicht die ganz verschiedenartige Lagerung und Stellung der durchbrechenden Zähne, welche in diesem Augenblick noch unvollendete Wurzeln und ziemlich weite Alveolen haben. Sowie aber die Zähne an die Oberfläche des Kiefers kommen, werden sie Angriffspunkte für funktionierende Teile. Zunge und Lippe wirken auf sie wie Schienen. Nach einer gewissen Zeit beeinflussen sich auch die Antagonisten gegenseitig, und aus der ursprünglich oft höchst unregelmässigen Zahnreihe wird eine durchaus normale mit regelrechtem Krümmungsmerkmal, wenn Kiefer und Zähne eine korrelative Grösse haben.

Ebenso wie der fertige Zahnabschnitt in der Richtung des geringsten Widerstandes durch den wuchernden Pulpawulst vorgeschoben wird, wird der letztere in eine andere Richtung gedrängt, wenn die Krone ein grösseres Hindernis beim Durchbruch findet. Dadurch entsteht eine Krümmung der Wurzel, indem der Pulpawulst nun in der Richtung des für ihn geringsten Widerstandes weiterwuchert; dementsprechend müssen auch die harten Zahnsubstanzen formiert werden. Findet die Zahnkrone vor dem Durchbruch ein starkes Hindernis, stehen z. B. die benachbarten Kronen zu dicht aneinander, so bricht der Zahn entweder ganz schief durch, oder er kommt überhaupt nicht an die Oberfläche. Der Zahn bleibt dann im Kiefer retiniert, sein Wurzelwachstum wird jedoch in jedem Falle, aber entsprechend jenem Gesetze des geringsten Widerstandes, vollendet. Der Pulpawulst schafft sich dann durch reichliche Osteoklastenbildung, welche die umgebende Spongiosa zur Resorption bringt, den nötigen Raum. Der Widerstand, welchen der Pulpawulst bei seinem Wuchern findet, kann sogar zu Odontombildungen Veranlassung geben. Wir sehen somit, welch eine grosse Wichtigkeit die verdichtete spongiöse Substanz für den sich entwickelnden Zahnbeinkeim hat. Die einfache Spongiosa würde weit schneller der Resorption verfallen, die zur Compacta verdichtete widersteht dagegen mehr und erfüllt weit besser ihren Zweck. Ich konnte zwar beim Zahndurchbruch des Menschen auch an dem normal wuchernden Pulpawulste einzelne Osteoklasten nachweisen. Letztere sind offenbar aber ohne Bedeutung für den ersteren und nur der Ausdruck für den bestehenden Druck der Gewebe untereinander. Eine geringe Resorption, unmittelbar an der Berührungsstelle des Pulpawulstes, kann allerdings bei der Vergrösserung des Zahnbeinkeimes zunächst statthaben. Niemals wird jedoch die mechanisch verdichtete Alveolenwand durchbrochen, und erst mit dem Heraustreten des Zahnes aus dem

Kiefer schwindet jene kompakte Lade in ihrem oberen Teile durch Resorption. Nun vermindert sich die Spannung der umgebenden Spongiosa des Kiefers, welche durch den sich entwickelnden Zahnkeim verursacht wurde, und das Knochengewebe umschliesst allmählich die fertig gebildeten Wurzeln der Zähne zu dauernden Alveolen. Als Rest der Compacta bleibt die sogenannte Wurzelscheide um jeden Zahn erhalten. Derartige Vorgänge sieht man nicht nur beim gewöhnlichen Zahnwechsel in den jugendlichen Kiefern des Menschen und der Anthropomorphen, sondern selbst bei dem äusserst langsam fortschreitenden Wachstum der permanenten Eckzähne des Orangutan und Gorilla. Eine Röntgenaufnahme konstatiert immer selbst bei nahezu fertig gebildeten Eckzähnen eine starke Verdichtung der Spongiosa um den Pulpawulst (Fig. 8). Ich habe in meinem Lehrbuche der normalen Histologie der menschlichen Zähne (Verlag Arthur Felix, Leipzig 1901) nachgewiesen, dass die wuchernde Zahnbeinpapille in jedem Falle sich über die Epithelialscheide herüber wulstet. Somit muss auch eine gewisse seitliche Kompression der Spongiosa bei der Entwickelung des Zahnbeinkeimes erfolgen, welche ebenfalls durch Röntgenaufnahme immer festgestellt werden kann. Selenka hat in der ersten Lieferung dieses Werkes Seite 42 u. ff. nachgewiesen, dass die männlichen Schädel der grossen Anthropomorphen durch die Ausbildung der gewaltigen Eckzähne ein enormes Breitenwachstum erfahren. Der Pulpawulst wird nun durch sein starkes Wuchern eine Auftreibung der dünnen Facialwand hervorrufen und dadurch die Gaumenplatte die Umgestaltung erfahren, wie sie in Fig. 31 u. ff. so schön illustriert sind. Immer liegt aber um den noch unfertigen Wurzelteil eine stark verdichtete Spongiosa, sodass sich auch die langsam wachsenden Eckzähne der grossen männlichen Anthropomorphen nicht in der Art des Wurzelwachstums sondern nur durch die Dauer desselben von allen übrigen unterscheiden, und durch ihre gewaltige Entwickelung die äussere Kieferform mehr beeinflussen.

Den umgekehrten Vorgang, dass nämlich aus kompakter Substanz spongiöse wird, findet man beim Knochenwachstum noch viel häufiger. Die periostale Anlagerung der Compacta wird zwar, wenn nötig, dauernd erhalten; andererseits sehen wir häufig eine „Aufblätterung" derselben, eine Umwandlung zur Substantia spongiosa, entsprechend der augenblicklichen Beanspruchung der betreffenden Knochenteile. Am Rande des Kieferkörpers, also im Basalteile, wird die fortwährend aufgelagerte Compacta dauernd erhalten, denn sie sichert am besten den Unterkiefer gegen Durchbiegung und Bruch. Die Seitenflächen des Kieferkörpers dagegen und der Kieferast befinden sich beim Wachstum mit ihrer Substantia compacta je nach Bedürfnis in einer fortwährenden Umwandlung zur Substantia spongiosa, bis das grösste Volumen erreicht

Fig. 6.



Fig. 8.

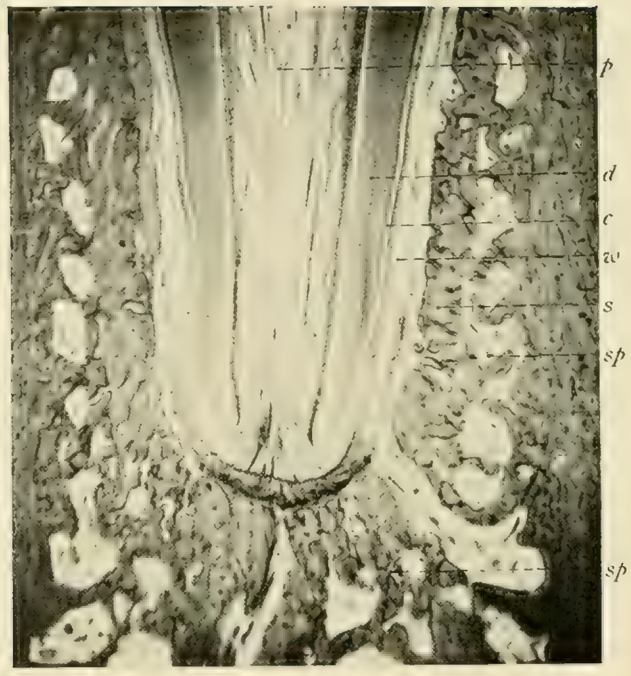


Fig. 7.

Fig. 7. Längsschnitt durch Kiefer und Wurzelspitze eines Prämolaren (Mensch). Vergröss. 15. *p* Pulpa, *d* Dentin, *c* Cement, *w* Wurzelhaut, *s* Wurzelscheide, *sp* Spongiosa.

Links und rechts in der Figur die Compacta der beiden Kieferplatten.

Fig. 6. A Vorderkiefer eines älteren männlichen Orangutans.

Die Zahnentwickelung ist bis auf die Wurzelspitzen der bleibenden Eckzähne *c* und *c'* vollendet. Bei diesen ist die noch nicht geschlossene Wurzelspitze von einer stark verdichteten Spongiosa umgeben. Die Entwickelung der Eckzähne beeinflusste das Wurzelwachstum der seitlichen Schneidezähne, sodass deren Wurzelspitzen nahezu diejenigen der mittleren berühren. Die Spongiosa des Kieferkörpers ist rund- und grossmaschig. Der Basalteil *b* besteht teils aus einer sehr dichten Spongiosa, teils (am äusseren Umschlagsrande) aus kompakter Substanz. Die Symphyse *s* ist, da das Wachstum noch weiter fortschreitet, angedeutet.

Fig. 8. B Vorderkiefer eines älteren weiblichen Orangutans.

Die grossmaschige Spongiosa erscheint sehr gleichförmig, nur um die Eckzähne herum sind die Bälkchen stärker. Die Symphyse ist nicht mehr sichtbar.

Bei beiden Kiefern ist im Gegensatz zum Menschen keine Andeutung von Trajektorienbildung vorhanden, nur am Umschlagsrande zeigt die Ansatzstelle des M. digastricus eine solche.

ist. Äusserlich wird dabei durch die Osteoblasten fortwährend neue Substantia compacta gebildet. Im Innern wird dagegen die Kieferplatte gewöhnlich derartig deformiert, dass sie nach den Gesetzen der Statik doch noch die grösstmöglichste Belastung, welche die Funktion erfordert, aushalten kann. Einen derartigen Vorgang sehen wir sehr deutlich im Alveolarfortsatz, wenn die Zahnbildung vollendet ist. Krahnartig klammern sich aus den Kieferplatten entspringende Knochenbälkchen an die Wurzelscheide an. Sie entstammen meist kompakter Substanz, welche „aufgeblättert" ist.

Im vorderen Teile des Unterkiefers sind bei den Anthropomorphen die Schneide- und Eckzähne nahezu gleichmässig von der spongiösen Substanz umgeben. Bei dem Menschen fehlt dieselbe im Bereich der Schneide- und Eckzähne beinahe ganz. Die Ursache liegt in der Stellung der Zähne und der damit verbundenen verschiedenartigen Beanspruchung der beiden Kieferplatten. Bei den Anthropomorphen sind die Schneidezahnwurzeln gradlinig oder nach rückwärts gekrümmt, während sie beim Menschen nach vorn, zum Kinn hin gebogen sind. Auch hier kommt wieder das Gesetz des geringsten Widerstandes gleichzeitig mit der Wirkung des direkten Rückstosses beim Wurzelwachstum zur Geltung. Der auf die unteren Schneidezähne des Menschen fallende Druck trifft hauptsächlich die linguale Kieferplatte, und wir sehen, dass hier eine Aufblätterung der Spongiosa nicht erfolgt, sondern die stehenbleibende Compacta einen sehr starken Druck ertragen muss. Bei den Anthropomorphen ist die Belastung des ganzen Vorderkiefers eine weit gleichmässigere und die Aufblätterung der Substantia compacta findet unter Berücksichtigung der Zahnstellung an der lingualen Fläche mindestens in demselben Grade statt wie an der labialen. Die Natur geht auch in diesem Falle nicht von dem Prinzip ab, dass, wenn es sich um grösstmöglichste Festigkeit handelt, eine möglichst homogene Struktur des belasteten Teiles am zweckdienlichsten ist. Die Vermehrung der Belastung an einer Stelle zeigt schon bei der Anbildung sofort eine Verdickung der kompakten Substanz. Es ist aber nicht die notwendige Folge, dass die innere Seite der Knochenplatte sich zur Spongiosa umwandele, sondern der Zustand kann gemäss der Belastung ein dauernder sein.

Auf diese Weise sehen wir auch, wie Stützleisten, Knochenvorsprünge etc. formiert werden. Im übrigen zeigt die Substantia compacta bei Tieren, welche ein gröberes Balkensystem von Spongiosa besitzen, wie z. B. beim Orangutan der Fall ist, schon auf der Oberfläche der Compacta die augenblicklich vorhandene Architektur der Spongiosa angedeutet. Die periostale Anlagerung der Substantia compacta erfolgt offenbar in der augenblicklich vorherrschenden Beanspruchung des gesamten Knochens.

Die beiden Lineae obliquae zeigen eine starke Entwickelung aber auch gleich-

zeitig ein deutliches Persistieren der Substantia compacta an besonders beanspruchten Knochenstellen. Die Wirkung des M. temporalis ist es, welche sie auf der Oberfläche des Knochens erzeugt. Indessen sind sie der Ausdruck einer Kraftebene, welche durch den Muskelzug in schräger Richtung zur Längsaxe des Knochens wirkt. Sie stellen „Trajektorienverdichtungen“ dar, wie W. GEBHARDT in seinem Aufsatz „Über funktionell wichtige Anordnungsweisen der gröberen und feineren Kauelemente des Wirbeltierknochens“ (Archiv für Entwickelungsmechanik, Band XII, 1. und 2. Heft) solche Leisten treffend genannt hat. Die beiden Lineae obliquae bieten somit genau wie die übrigen Knochen-Leisten am Kieferaste, an den Molaren und den Eckzähnen die Möglichkeit, grössere Mengen strebfesten Materials auf einem kleinen Raume unterzubringen, um den ungeheuern Druck bei dem Kauakte zu vermitteln, welcher vom M. temporalis aus in der ganzen Länge des Unterkiefers auf die Zähne ausgeübt wird.

Diese Betrachtungen führen uns nun zu der Erörterung der inneren Struktur des Unterkiefers, welche durch die Funktion der Muskeln hervorgerufen wird.

II. Die grossen Trajektorien des fertigen Kieferknochens und ihre Bedeutung.

A. Trajektorien des Kieferastes.

Untersuchungen von Unterkieferquerschnitten, welche von Orangutans mittleren Alters stammen, ergaben speziell im aufsteigenden Aste eine gleiche Anordnung der Knochenzüge, wie ich sie von der Mandibula des Menschen in der „deutschen Monatsschrift für Zahnheilkunde“ 1900 Heft 12 und 1901 Heft 1, 2, 3 beschrieben und durch Röntgenaufnahmen illustriert habe. Nur die Stärke der Knochenbälkchen ist beim Orangutan entsprechend der Belastung beim Kauakte eine weit grössere. Noch mehr gilt dieses von der Spongiosa des Gorilla.

Eine weit bessere Anschauung von der allgemeinen Anordnung des Knochengewebes der Anthropomorphen erhält man jedoch bei der Betrachtung von Bildern der Längsaxe des Unterkiefers. Jede Röntgenaufnahme zeigt, dass der Unterkiefer trotz seiner abweichenden Form viele Eigenschaften mit dem gewöhnlichen Röhrenknochen gemeinsam hat.

Die Abweichungen in der Form werden allein durch die seitlich am Unterkiefer wirkenden Muskelkräfte hervorgebracht. Wir müssen uns demgemäss zunächst über die Strukturen orientieren, welche durch die Wirkungen dieser Kräfte im ausgebildeten Knochen hervorgerufen sind. In älteren Unterkiefern, welche die Konstanz der Beanspruchung zeigen, ist jenes schon im vorigen Kapitel erwähnte Trajektorium für den in-

direkten Rückstoss von grosser Breite. Seine Grenze gegen den Processus coronoideus ist meist bestimmter abgesetzt als gegen den äusseren Kieferwinkel. Die Zahl der Knochenbälckchen überwiegt jedoch weit mehr an der unteren Seite des Trajektoriums. Dieses verhält sich im übrigen in der Art seiner Belastung wie der „eingemauerte Kran“ CULMANNS, welcher von v. MEYER und WOLFF vergleichend für den Aufbau des Femur herangezogen ist. Auch das Gelenkende, welches den bei der Funktion ausgeübten Druck weiter auf die Schädelkapsel verteilt, zeigt auf Längsschnitten des Kiefers eine rechtwinkelige Kreuzung der gegen das Gelenk ziehenden

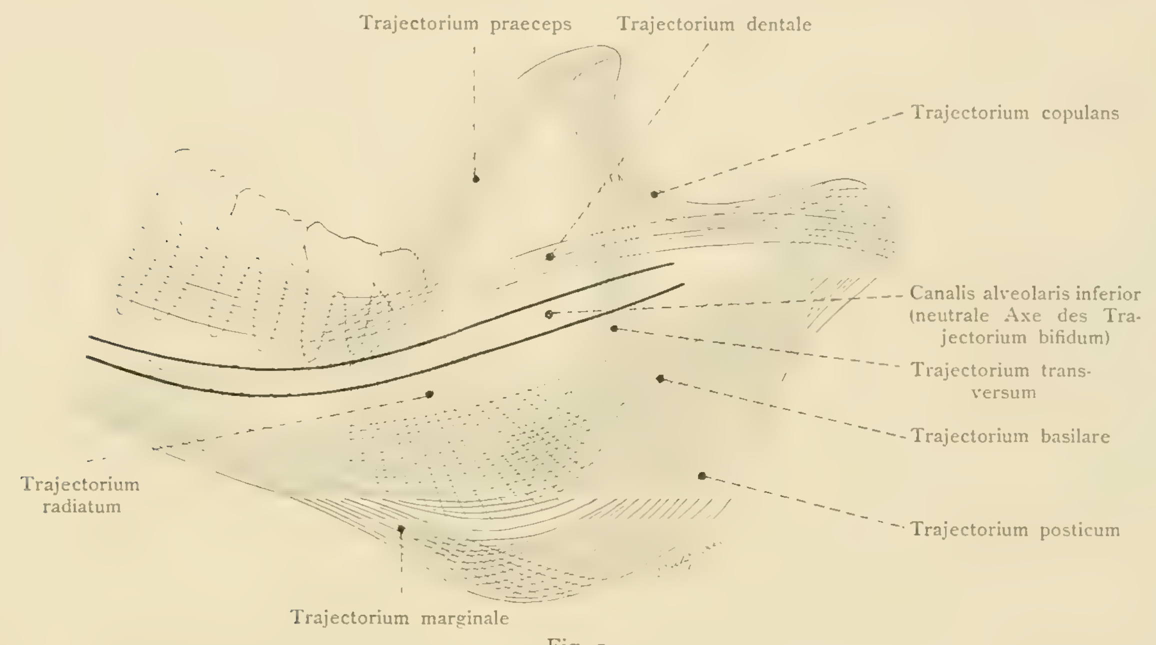


Fig. 9.
Schema der Trajektorien des Kieferastes eines Orangutan. (Vergleiche Fig. 10.)

Knochenbälkchen. In Wirklichkeit bildet jenes Trajektorium des Rückstosses eine plattgedrückte Röhre. Die platten Wände dieser Röhre werden durch die beiden kompakten Kieferplatten, die stark gerundeten durch Teil-Trajektorien spongiöser Substanz gebildet. Das gesamte Trajektorium nenne ich aus diesen Gründen Trajectorium bifidum, das obere Teiltrajektorium Trajectorium dentale und das untere Teiltrajektorium Trajectorium basale. Ich wähle diese Bezeichnungen, um anzudeuten, dass diese Trajektorien des Kieferastes auch in den Kieferkörper, in die Zahnreihe und in die Basis desselben übergehen. Die Knochenbälkchen dieser beiden Teil-Trajektorien sind bis nahe zum Kiefergelenk senkrecht zur Gelenkoberfläche angeordnet. Auf diese Weise wird die stärkste Belastung ermöglicht,

zumal die Knochenbälkchen dieses röhrenförmigen Trajektoriums gegen den Processus condyloideus hier sehr dicht gelagert sind. Die innere Zone des Trajektoriums des indirekten Rückstosses zeigt ein mehr grossmaschiges Gewebe, eine wahre Spongiosa rectangulata ordinata. Diese grosse Kraftbahn geht dann vom Kieferaste bei fertigen



Fig. 10.
Unterkieferast und Teil des Kieferkörpers eines männlichen Orangutans, innere Seite zeigend.

Kiefern in schwach bogenförmiger Anordnung in den Kieferkörper über. Die gerade Verlängerung dieses Trajektoriums in seiner ursprünglichen Richtung würde den unteren Kieferrand etwa in der Richtebene des ersten Molaren erreichen. Das ist derjenige Punkt, an welchem zumeist die stärkste Kraftleistung des Kiefers erfolgt. Ich gebe in Fig. 9 die schematische Anordnung der Trajektorien des Kieferastes und ihre Be-

nennungen. Im wesentlichen entspricht die Zeichnung der Kombination der Figuren 10 und 11, welche von dem Kieferaste eines grossen männlichen Orangutans gewonnen sind. Das Schema passt jedoch auch auf die übrigen Primaten. Im Kieferaste sind dann noch die beiden auf S. 230 schon erwähnten anderen konstruktiven Teile,



Fig. 11.
Unterkieferast eines alten männlichen Orangutans, äussere Seite zeigend.

und zwar ein starkes Trajektorium im Processus coronoideus und ein solches im äusseren Kieferwinkel zur grössten Vollendung gebracht. Beim Menschen und beim Gibbon ist das Trajektorium, welches durch die Thätigkeit des M. temporalis hervorgerufen wird, verhältnismässig schwach ausgebildet. Weit kräftiger ist es beim Orangutan und Gorilla entwickelt, und der gewaltige Zug, welchen jener

Muskel auf den Knochen ausübt, zeigt sich besonders durch die Dichtigkeit der Spongiosa am vorderen Rande des Processus coronoideus (vergleiche Figur 10 und 11). Dieses Trajektorium bezeichne ich als Trajectorium praeceps. Nach der Zahnung erscheint es immer sehr stark und konstant. Fick (Vergleichend anatomische Studien



Fig 12.
Unterkiefer eines älteren weiblichen Gorilla, innere Seite zeigend.
Die Trajektorien sind nahezu durch kompakte Substanz gebildet. Nur die neutrale Zone des Trajektoriums der rückwirkenden Festigkeit gegen das Gelenk besteht aus sehr grossmaschiger Spongiosa.

an einem erwachsenen Orangutang, Archiv für Anatomie und Physiologie 1895) wies nach, dass beim Orangutan das Muskelgewicht einen viel kleineren Teil, nämlich nur etwa 19% des Körpergewichts betrage, als beim Manne, wo es etwa 33% des Körpergewichts ausmacht. Dagegen ist das Verhältnis des Gewichts vom M. masseter

des Orangutans zum Manne 96:44, also über das Doppelte und vom M. temporalis 300:68, also nahezu das Viereinhalbfache! Bei alten und starken Exemplaren finden wir demgemäss im aufsteigenden Aste beim Orangutan sogar noch ein zweites Trajektorium, welches von der Spitze des Kronenfortsatzes zunächst der Linea seminularis



Fig. 13.
Unterkiefer eines alten männlichen Gorilla, äussere Seite zeigend.
Sehr starke Compacta an Stelle der ursprünglichen Trajektorien.

folgend, in bogenförmiger Anordnung zum äusseren Kieferwinkel und dann zur Kieferbasis zieht. Ich nenne diese Knochenbahn Trajectorium transversum. Beim Gorilla wird der ganze Processus coronoideus zunächst aus einer dichten Spongiosa gebildet, welche aber sehr bald in Substantia compacta umgewandelt wird. Die Entwickelung der inneren Architektur des Processus coronoideus hängt somit deutlich mit der Funktion des M. temporalis zusammen. Die Ausbildung und Stärke dieses Muskels

ist beim Orangutan und dem Gorilla eine ganz gewaltige und findet ihren Ausdruck einerseits in der Sagittal-Crista, welche SELENKA auf Seite 37 und ff. beschrieben hat. Anderseits ist das Auftreten eines zweiten Trajektoriums vom Processus coronoideus beim Orangutan und das Eintreten der kompakten Substanz für die Spongiosa beim Gorilla ein Beweis für den gewaltigen Zug, welcher auf den Processus coronoideus und von diesem weiter fortschreitend auf den ganzen Kiefer ausgeübt wird. Beim



Fig. 14.
Rechter Unterkiefer vom Schimpanse, innere Seite zeigend.
Teilweiser Ersatz einer grobmaschigen Spongiosa durch Compacta.

Gorilla konnte selbst der kunstvollste Aufbau der Trajektorien nicht genügen, und es tritt nun die Substantia compacta in dem ganzen Knochenabschnitt dafür ein. Beim Schimpanse findet auch bei alten Männchen nur ein teilweiser Ersatz der hier sehr grobmaschigen Spongiosa durch Compacta statt.

Ganz die gleichen Verhältnisse finden wir in jenem konstruktiven Teile des Unterkieferastes, welcher unter dem Trajectorium bifidum nach dem äussern Kieferwinkel zu liegt. Dieser Teil hat die Form eines Dreiecks, dessen Hypothenuse

durch das Trajektorium basale und dessen Katheten einerseits von der Basis des Kiefers, anderseits vom hinteren Rande des Kieferastes gebildet sind. Die beiden Muskeln, welche an diesem Kraftsystem und zwar von der Spitze des Dreiecks am äusseren Kieferwinkel wirken, ziehen vornehmlich in der Richtung des Perpendikels, welches auf die Hypothenuse des Dreiecks gefällt wird. Dieser Punkt liegt genau am inneren Kieferwinkel. Die Kathete, welche durch die Kieferbasis gebildet wird, besteht bei dem Menschen und den Anthropomorphen, selbst beim Gibbon aus einer starken Schicht periostal angelagerter Substantia compacta. Die andere Kathete wird aus einem



Fig. 15.
Rechter, der Länge nach durchsägter Unterkiefer eines circa 20jährigen Europäers, Weisheitszahn fehlend.
Die Röntgenaufnahme zeigt die Struktur der Spongiosa und die Anordnung dieser zu Trajektorien.

mehr oder weniger starken Zuge von Spongiosa gebildet, welche in nahezu parallel oder schwach bogenförmigen Lagen vom äusseren Kieferwinkel zum Gelenkkopf angeordnet ist. Die Stärke dieser Schicht entspricht offenbar dem auf sie einwirkenden Drucke und ist proportional der geleisteten Arbeit ausgebildet. Dieses vom äusseren Kieferwinkel aufsteigende und je nach der Beanspruchung in der Grösse wechselnde Trajektorium, welches besonders beim erwachsenen männlichen Orangutan ausgeprägt ist, bezeichne ich als Trajectorium posticum. Dasselbe ist die Wirkung des direkten Rückstosses der ansetzenden Muskeln gegen das Kiefergelenk.

Ein zweites etwas kleineres Trajektorium zieht vom äusseren Kieferwinkel an der Basis des Kieferortes entlang und vereinigt sich mit dem Trajectorium basale im Kieferkörper. Ich nenne es Trajectorium marginale. Es ist ebenfalls eine direkte Druckbahn und zwar durch die Wirkung der grossen Kaumuskeln gegen die Basis des Kieferkörpers hervorgerufen. Das Trajectorium posticum und marginale sitzt somit dachförmig auf dem hier konvex gestalteten Trajectorium bifidum. Fasst man das ganze Kraftsystem als einen auf beiden Seiten belasteten Hebel auf, auf dessen



Fig. 16.
Unterkiefer von einem Flathead-Indianer.
Die Röntgenaufnahme zeigt die starke Entwickelung der Trajektorien am äusseren Kieferwinkel durch den M. masseter und pterygoideus internus bei den niederen Menschenrassen.

Mitte ein Druck ausgeübt wird, so hat man die physikalische Anordnung dieses Kieferabschnittes vor sich.

Die Entwickelung des äusseren Kieferwinkels in seiner äusseren Form hängt bei den Anthropomorphen und dem Menschen durchaus von der zu leistenden Arbeit der ansetzenden Muskeln, insbesondere aber vom Trajectorium posticum ab. Am auffallendsten erscheint das bei menschlichen Kiefern. Tiefstehende Rassen, welche mit ihren Zähnen mehr Arbeit verrichten, zeigen einen kräftigeren und reichlicheren Aufbau der Spongiosa im äusseren Kieferwinkel. Da-

durch wird dieser mehr zu einem Rechten, und die innere Knochenarchitektur nähert sich demjenigen der Anthropomorphen ganz bedeutend.

Die Belastung, welche das Kieferwinkeldreieck mit seinen beiden äusseren feststehenden Punkten aushalten muss, würde bei der enormen Kraft, welche die Muskeln des Orangutans und des Gorilla auf die Spitze des Dreiecks ausüben, einen Bruch in der Nähe der letzteren nicht unmöglich machen. Der innere Kieferwinkel ist der „gefährliche Querschnitt" für den Knochen. Beim Orangutan wird infolgedessen ein weiteres System Knochenbälkchen ausgebildet, welches einen Bruch an der Vereinigung der beiden Katheten vollständig verhindert. Vom inneren Kieferwinkel zieht demgemäss centrifugal ein System starker Bälkchen gegen die Katheten. Die Bälkchen sind somit radienförmig angeordnet und dienen als Streben und Stützbalken in der angeführten Konstruktion des Balkensystems gegen den gefährlichen Querschnitt. Ich nenne diese Kraftbahn Trajectorium radiatum. Diese wunderbare Verstärkung des Kieferwinkels beim Orangutan in seiner inneren Struktur schliesst sich eng an die Konstruktionsausführungen von Brücken und Dachstühlen an. Mit möglichst geringem Baumaterial ist hier wieder die höchste funktionelle Leistungsfähigkeit des Kieferwinkeldreiecks garantiert. Es ist eigentümlich, wie die Konstruktion dieses Kieferwinkeldreiecks den an dasselbe gestellten Anforderungen entspricht. Beim Gibbon haben wir keine Andeutung der Streben, beim Menschen sind dieselben nur in der Spitze des Dreiecks und vom inneren Kieferwinkel auslaufend sichtbar. Zunächst



Fig. 17.
Unterkiefer vom Eskimo, äussere Seite zeigend.
Durch eine starke Entwickelung der Trajektorien des M. masseter, des Pterygoideus internus und besonders des M. temporalis hat der Unterkieferast wie beim männlichen Orangutan eine bedeutende Breitenentwickelung erfahren.

folgt dann eine Verstärkung der äusseren Knochenplatten. Denn nur die Substantia compacta wird beim Menschen manchmal durch Leistenbildungen gegen den inneren Kieferwinkel hin verstärkt. Die Funktion der Kaumuskeln ist bei beiden Gattungen verhältnismässig unbedeutend gegenüber den Kraftleistungen beim Orang und Gorilla. Im Kieferaste des Gorilla hat sich die Natur sowohl im Kieferwinkeldreieck wie im Processus corono-



Fig. 18.
Unterkiefer eines alten männlichen Orangutans.
Sehr weitmaschige Spongiosa in den Trajektorien. Radiale Anordnung der Balken vom inneren Kieferwinkel gegen den äusseren als Verstrebung gegen den gefährlichen Querschnitt.

ideus anderweitig geholfen. Beide Teile werden beim Gorilla in nahezu kompakter Substanz angelegt. Die Röntgenaufnahme älterer Tiere ergiebt abgesehen vom Trajektorium des indirekten Rückstosses, welcher zweckentsprechend immer elastisch bleiben muss, meist nur am äusseren Kieferwinkel und an der Spitze des Processus coronoideus spongiöse Substanz. Diese Erscheinung ist für den Gorilla-Unterkiefer typisch, so dass der Unterkieferast nach einer Röntgenaufnahme ohne weiteres als dem eines Gorilla zugehörig bestimmt werden kann. Der Zustand ist nach vollendetem Zahn-

durchbruch konstant. Beim Orangutan ist ein derartiges Auftreten der Substantia compacta niemals der Fall. Selbst im höchsten Alter sieht man die radiale Anordnung der Streben, den Hauptzug vom Gelenkkopfe zum inneren, ebenso denjenigen zum äusseren Kieferwinkel. Die Kiefer alter Tiere unterscheiden sich von denen jüngerer Orangutans in Bezug auf die innere Architektur nur dadurch, dass die spongiöse Substanz in vereinzelteren, aber stärkeren Balken in der oben geschilderten Weise angeordnet ist. Eine Ausnahme davon machen im wesentlichen nur die Stellen, wo sich die Muskelansätze befinden. Die dreieckigen Vorsprünge, welche in der Nähe des Kieferwinkels sich am Rande des Knochens befinden, dienen bekanntlich als Ansatzstellen für den M. pterygoideus internus. Der ganze untere Rand des äusseren Kieferwinkels dient als Ansatzstelle des M. masseter. Beide Stellen haben eine durchaus andere Formation der Spongiosa, wie sie im allgemeinen dem Kieferwinkeldreieck zukommt. Es stehen nämlich bei diesen leistenförmigen Vorsprüngen die Spongiosabälkchen deutlich senkrecht zur Kraftlinie und bilden ein System für sich. Selbst beim Gorilla können diese Stellen für die Muskelansätze durch spongiöse Substanz angedeutet sein.



Fig. 19.
Unterkiefer einer 84jährigen Frau.
Die Aufnahme zeigt den Schwund sämtlicher Trajektorien und dementsprechend der äusseren Form des Kieferastes mit Ausnahme des Trajektoriums für den Rückstoss gegen das Gelenk.

Der Unterkiefer des Menschen im Greisenalter macht bekanntlich eine Umwandlung der äusseren Form durch, welche als Inaktivitätsatrophie infolge des Verlustes der Zähne angesehen wird. Abgesehen von dem gänzlichen Verluste des Alveolarfortsatzes, welcher die starke Formveränderung des zahntragenden Kieferteils veranlasst, findet speziell an den Ansatzstellen der grossen Kaumuskeln ein starker Abbau des Knochengewebes, dem verringerten Bedürfnis entsprechend statt. Der Processus coronoideus wird sehr schlank, die Incisura semilunaris und der äussere Kieferwinkel wieder grösser. Eine Röntgenaufnahme zeigt den Abbau der Knochensubstanz sehr deutlich, und es bleibt von den ganzen konstruktiven Teilen eigentlich nur das grosse Trajektorium für den Rückstoss im Unterkieferknochen übrig. Selbst die kompakte Substanz der Basalfläche geht teilweise, da sie nicht mehr auf Biegungsfertigkeit bean-

spruchte wird, verloren. In der Gegend des Kinnes wird jedoch der Basalteil des menschlichen Unterkiefers sichtlich infolge der bleibenden Funktionen des M. genioglossus und des M. digastricus auch im Alter am stärksten erhalten. Bei den Anthropomorphen kommen alle diese Alterserscheinungen weniger zum Ausdruck als beim Menschen.

Endlich sei noch eines kleinen Trajektoriums zwischen dem Processus condyloideus und coronoideus gedacht. Der äusseren Form der Incisura semilunaris parallel ist in der Spongiosa ein System von Knochenbälckchen angeordnet, welches offenbar einer Zerreissung des Gewebes zwischen den beiden Enden der Kieferfortsätze entgegenwirkt. Ich bezeichne diese Kraftbahn als Trajectorium copulans.

B. Trajektorien des Kieferkörpers.

Wir kommen zur Architektur des Unterkieferkörpers. Basis und Alveolarfortsatz desselben unterscheiden sich deutlich auch im inneren Aufbau von einander. Die Knochenbälkchen zwischen den Alveolen der einzelnen Zähne laufen bei sämtlichen Primaten horizontal und häufig nahezu ganz parallel. Kleine und viel dünnere Verbindungsstreben zwischen diesen stark entwickelten Knochenbälkchen sichern die Festigkeit.

In einer wichtigen Abhandlung über den funktionellen Bau einiger Zähne von W. Gebhardt (Archiv für Entwickelungsmechanik 10. Band, 1, 2, 3 Heft) hat dieser Autor über die eingekeilten Wurzelzähne der höheren Vertebraten die Art der Beanspruchung des Knochengewebes im Alveolarfortsatze berührt und sie folgendermassen geschildert: „Da sich bei diesen Zähnen die Gestalt der Alveole schon in ihrem knöchernen Teil ziemlich genau der Gestalt der Wurzel anpasst, so muss beim Hineindrücken der letzteren in die Alveole, ganz ähnlich wie beim Eintreiben eines Keiles in einen Körper, auf die Wände der Alveole ein sie nach aussen treibender Druck ausgeübt werden, genau wie beim Keil die ursprüngliche Kraft in seitlich divergierende Komponenten zerfällt. Dabei muss aber infolge der stärkeren Steigung des Keiles in der Kieferlängsrichtung in dieser Richtung der grössere Teil der Krafteinwirkung übertragen werden. Es ist mir aber ausserordentlich zweifelhaft geworden, ob überhaupt jemals eine derartige Wirkung zu stande kommt und nicht vielmehr eine Zugbeanspruchung der Alveolarwände bei Druck auf den Zahn eintritt, denn es dürfte sich noch zwischen Zahn und Knochen das Bindeglied der weichen Gebilde, vor allem des Periosts, insofern dabei bemerklich machen, als es vermöge seiner von Gollaud gefundenen Struktur

geeignet erscheint, sich bei der Übertragung mit eigenen mechanischen Momenten zu beteiligen. Die Wurzelspitze ist aber jedenfalls, und das ist wohl das wichtigste, völlig entlastet, wie sie es dem Gefäss- und Nerveneintritt zu Liebe sein muss, und wie auch die meist sehr dünne Wand dieser Stelle bezeugt".

Nach den Bildern, welche wir vom Alveolarfortsatz durch die Röntgenaufnahme



Fig. 20.
Unterkiefer eines älteren Orangutans
Die Aufnahme zeigt im wesentlichen die Struktur der Spongiosa in der Umgebung der Wurzeln. Im allgemeinen liegen die Bälkchen wagerecht und im Vergleich zu denen des übrigen Kiefers sehr dicht. An einzelnen Zähnen, besonders am ersten Prämolaren, sind jedoch Bälkchen in der Längsaxe der Wurzeln und von den Spitzen dieser verlaufend angeordnet.

erhalten, ist kein Zweifel, dass die Gebhardt'sche Anschauung von einer Keilwirkung des Druckes bei den Wurzeln richtig ist. Die Wurzelscheide als nahezu kompakte Substanz vermittelt und verteilt durch ihre schalenartige Gestalt meiner Meinung nach einen Druck auf die nächstliegenden, zugleich aber auch einen Zug auf die ferner liegenden Bälkchen. Insbesondere muss dies der Fall sein, wenn

ein Zahn eine momentane Belastung beim Kauakt erleidet. Die Beanspruchung der horizont liegenden Knochenbälkchen ist durch die starre Knochenwand der Alveole an den Seitenwänden eine wechselnde, während an der Wurzelspitze nur ein Druck stattfinden kann. Wir sehen deshalb in den stark ausgebildeten Knochenbälkchen bei den Anthropomorphen, dass an der Wurzelspitze die Bälkchen sich schräg, unter Umständen sogar senkrecht zu derselben bilden, so dass sie die Verlängerung der Kraftbahn der Wurzel vorstellen. So wird die Wurzelscheide von allen Seiten auf Druckbelastung durch gerade Streben gestützt, erstere federt auf den letzteren. In hervorragendem Masse werden wir ein direktes ausgeprägtes, von der Wurzelspitze ausgehendes Spongiosasystem, welches nur auf direkten Zahndruck beansprucht wird, noch bei der Betrachtung des Vorderkiefers kennen lernen.

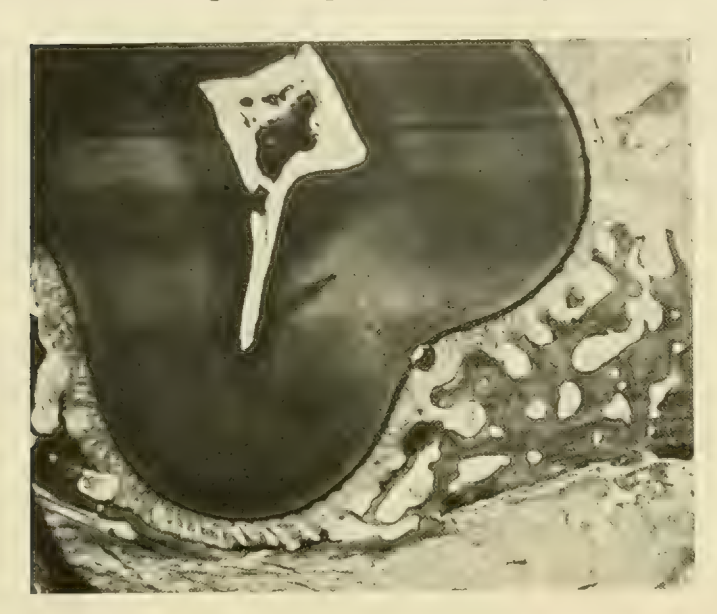


Fig. 21.
Querschnitt durch Kiefer und Wurzel eines Molaren nahe am Zahnhalse (Mensch). Vergröss. 15.
Zahn und Knochen sind durch Bündel periostalen Bindegewebes mit einander verbunden, welche eine federnde Aufhängung des Zahnes bewirken.

Nach der lingualen und labialen resp. buccalen Seite sind jedoch die Bälkchen der Spongiosa kranartig angeordnet. Sie steigen von der Basis des Kiefers aus auf, und biegen in kurzen Bogen nach der Oberfläche der Wurzel um. Bei dieser Anordnung der Elemente der Spongiosa hängen somit die Zähne gleichsam in einem Korbe (gebildet durch die Wurzelscheide), welcher sich in einem elastischen Netzwerke befindet. Die Spongiosabälkchen heften sich überall rechtwinkelig an den Korb.

Es wird durch diese Anordnung eine gewisse Elasticität gewährleistet, welche einen plötzlichen und gefährlichen Druck auf die Zähne bis zu einem gewissen Grade aufheben kann. Unterstützt wird diese Elasticität durch die von Partsch entdeckte bündelförmige Anheftung der Bindegewebsfasern des Periostes an mikroskopisch feinen Vorsprüngen der Wurzelscheide, welche sich häufig am oberen Rande derselben gegen den Zahnhals hin befinden (Fig. 21).

Andrerseits sehe ich in der Anordnung der Spongiosa eine zweckmässige Verstrebung der Zähne gegen eine seitliche Verschiebung derselben bei einwirkendem Druck. Die Stärke der Bälkchen im Alveolarfortsatze ist bei sämtlichen Anthropomorphen und den Menschen eine bedeutend grössere als im gesamten übrigen Unterkiefer. Jene elastische Aufhängung der Zähne im Kiefer ist offenbar Be-



Fig. 22.
Orangutan, sehr altes Männchen.
Starke Trajektorienbildung von sehr grobmaschiger Spongiosa. Starke Verdichtung derselben unterhalb der Molaren.

dingung für die Zweckmässigkeit der Funktion. Denn dieser Zustand erhält sich während des ganzen Lebens, während sämtliche übrigen Bestandteile des Kiefers mit Ausnahme des primären Hauptzuges im Kieferaste sich in nahezu kompakte Substanz umwandeln können. Orangutan und Gorilla haben auch hier die weitaus stärksten Knochenbälkchen. An den Hauptbelastungsstellen des Gebisses, also in der Gegend der Molaren und des Eckzahnes, findet man bei älteren Tieren noch eine be-

sonders starke Verdichtung der Knochenbälkchen, welche wieder mit dem gewaltigen Gebrauch dieser Zähne zusammenhängt.

Im eigentlichen Kieferkörper kann man zwei Schichten unterscheiden. Diejenige, welche dem Alveolarfortsatze zunächst liegt, besteht zumeist aus einem grossmaschigen horizontalen Balkennetze, in welchem einzelne Bälkchen jedoch häufig aufwärts gegen den Alveolarfortsatz, nämlich gegen die Wurzeln der Zähne ziehen. Es sind Druckbälkchen gegen die beim Kauakte durch die Zähne auf den Kiefer ausgeübte aber schon mehr verteilte Kraft. Solche Streben sieht man besonders beim Orangutan und Gorilla in der Richtung der Wurzel, fast die ganze Kieferbasis durchsetzend und dem unteren Teil der letzteren aufsitzend. Im übrigen bildet dieser Teil des Unterkiefers mehr die neutrale Zone bei einer Beanspruchung. Er enthält die grosse Arterie, Vene und den Nervenstamm. Schon ZSCHOKKE hat nachgewiesen, dass die Gefässe der Spongiosa im allgemeinen in der Richtung des Druckes (hier beim Unterkiefer in der Richtung der rückwirkenden Festigkeit) verlaufen, und die Knochenmasse sich möglichst parallel des Gefässes lagert.

Die Kieferbasis wird durch eine besonders starke Schicht von Substantia compacta gebildet, welche auch in geringerer Stärke die gesamte Spongiosa des Unterkiefers umschliesst. Für die Kieferbasis kommt im wesentlichen die Wirkung der Funktion von der M. masseter und pterygoideus internus in Betracht. Die Stärke der kompakten Substanz an der Basalfläche des Unterkiefers entwickelt sich bei den verschiedenen Spezies durchaus der Beanspruchung des Kiefers auf Biegungsfestigkeit entsprechend. Am grössten ist sie beim Gorilla, dann kommen Orangutan, Schimpanse; sehr viel geringer ist sie beim Menschen und Gibbon. Sie wächst mit der vergrösserten Hebelwirkung vom äusseren Kieferwinkel zur Symphyse. Gerade beim Menschen kommen in ihrer Stärke sehr grosse individuelle Unterschiede vor.

Die Symphyse ist in den Röntgenaufnahmen bei jüngeren Kiefern der Anthropomorphen und des Menschen während der Zahnung immer, bei älteren Individuen dagegen seltener angedeutet. Sie erscheint dann als dunklere Linie, von welcher die Spongiosa nach beiden Seiten in horizontaler Anordnung gelagert ist. Im späteren Alter verschwindet die Linie in der Richtung vom Alveolarfortsatze zur Kieferbasis. Im übrigen ist sowohl die äussere Form wie die innere Architektur des vorderen Unterkiefers bei dem Menschen und Anthropomorphen so verschieden, dass dieselben einer eingehenden Besprechung bedürfen.

Der vordere Unterkiefer.

Der vordere Unterkiefer des Menschen und der Anthropomorphen war seit langen Zeiten, zumal in Rücksicht auf die Darwin'sche Lehre, von äusserster Wichtigkeit und höchstem anthropologischen Interesse. Das Kinn des Menschen wurde, als ihm speziell zukommend, für ein wirkliches Unterscheidungsmerkmal den Affen gegenüber erklärt.

Das Auffinden vorgeschichtlicher menschlicher Kiefer, (z. B. des Kiefers von la Naulette und der Schipkahöhle), welche nur wenig oder gar kein Kinn zeigten, brachte diese Lehre ins Wanken. Indessen war die Zahl jener diluvialen Kiefer vorläufig noch eine zu geringe, als dass man nach der äusseren Verschiedenheit des vorderen Unterkiefers bei dem Menschen und Anthropomorphen unzweifelhafte Schlüsse machen konnte. Es kam hinzu, dass von ganz hervorragenden Anthropologen, z. B. Virchow, jene diluvialen menschlichen Kiefer gar nicht als Eigentümlichkeit des damaligen menschlichen Geschlechtes, sondern als pathologische Produkte bei einzelnen Individuen aufgefasst wurden. Dann mussten ja allerdings jene vorgeschichtlichen Kiefer überhaupt zum Vergleich mit denjenigen der Anthropomorphen unbrauchbar sein. Eine pathologische oder eine Excessbildung, welche unzweifelhaft an ihnen vorhanden wäre, hätte dieses sonst so kostbare Material für meine Untersuchung illusorisch gemacht.

Wenn ich die Variationen der äusseren Form des Unterkiefers in seinem vorderen Abschnitte in ein System bringen und womöglich mit der Descendenzlehre speziell aber mit der Entwickelungsmechanik in Einklang bringen wollte, so war zunächst wieder eine Vergleichung der äusseren Formen aller Kiefer der Primaten nötig. Weiter musste in diesen eine Abänderung der Struktur durch funktionelle Selbstgestaltung im Sinne Roux's konstatiert und die Bedingungen erörtert werden, unter welchen die Erzeugung neuer Charaktere auch für den vorderen Unterkiefer wohl vorhanden sein kann.

Der menschliche Unterkiefer muss bei den Untersuchungen in dieser Richtung ganz besonders in den Vordergrund treten. Dazu war es wünschenswert, jene ältesten bisher vorhandenen menschlichen Unterkiefer nochmals einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, ob sie überhaupt bei diesen Erörterungen als allerdings sehr wichtiges Beweismaterial in Betracht kommen, wenn deren Formen physiologischer Natur sind.

I. Die hintere Kieferplatte in ihrer allgemeinen äusseren Gestalt.

Die von mir aufzunehmenden Untersuchungen über Formvariationen des Vorderkiefers bei den Primaten konnten nach den geschilderten Ergebnissen am Kieferkörper und Kieferaste ein schon einigermassen vorher zu bestimmendes Resultat ergeben. Nur die Kraftbahnen werden sich beim Vorderkiefer des Menschen noch im wesentlichen erhalten haben, im übrigen aber muss der Knochen skelettartig auf die geringsten Entwickelungsdimensionen beschränkt sein. Wie die übrigen Leisten und Knochenvorsprünge, gleiche Kiefergrössen vorausgesetzt, beim Menschen weit stärker hervortreten, als bei den grossen Anthropomorphen, so konnte es sich auch mit dem Kinn verhalten. Diese Deduktionen, aus den Untersuchungsergebnissen des übrigen Unterkiefers hervorgegangen, erwiesen sich den Lehren der Entwickelungsmechanik entsprechend zwar als richtig, waren aber nicht allein massgebend.

Zunächst haben gewisse Kraftbahnen des übrigen Kiefers auf den vordern Unterkiefer noch einen gewissen Einfluss. Ich schilderte auf S. 239, dass die Linea obliqua interna und externa sich als Ausdruck der Kraftbahnen des M. temporalis erweisen, welche sich vom Kieferaste über den Kieferkörper erstrecken. Verfolgen wir bei den Primaten diese Bahnen bis zum Vorderkiefer, so finden sich bei den einzelnen Spezies bestimmte Unterschiede. Beim Gibbon und einzelnen anderen niederen Affen sind, ähnlich wie beim Menschen, die Zug- und Druckbahnen äusserlich weit stärker. Man kann nicht annehmen, dass diese Lineae obliquae bei diesen Primaten der Ausdruck einer stärkeren Kraftübertragung von Muskeln sind. Denn die Stärke und Grösse der Muskeln steht hier gerade mit der Entwickelung der Lineae im umgekehrten Verhältnis. Weit passender ist, wie ich glaube, die Annahme, dass sie nur deshalb stärker hervortreten, weil der übrige Kieferkörper eine geringere Ausbildung erhält. Die Linea obliqua externa geht beim Gibbon im grossen Bogen, dessen tiefster Punkt nahe an der Basalfläche unter dem ersten Molaren liegt, wieder aufwärts steigend zu dem verhältnismässig grossen Eckzahn. Die Linea obliqua interna ist auf der ganzen inneren Fläche des Kiefers deutlich ausgeprägt. Schon LACTET hat darauf aufmerksam gemacht, dass

der Gibbon ein senkrechteres Kinn als die übrigen Anthropomorphen besitzt. Auch die innere Seite des Vorderkiefers ist menschenähnlicher beim Gibbon, trotzdem dieser im übrigen am menschenunähnlichsten erscheint. Wir haben beim Gibbon nicht den zurücktretenden Rand des vorderen Unterkiefers, dafür aber einen wenn auch kleinen Vorsprung (Spina) an der inneren Seite des vorderen Unterkiefers, welcher durch die Linea obliqua interna an der Symphyse erzeugt wird. Derselbe liegt an der Grenze des Basalteiles wie die Spina interna mentalis des Menschen. Der kleine Herabzieher des Unterkiefers entspricht beim Gibbon genau den geringeren Hebern desselben.

Auffallend muss es erscheinen, dass bei allen Affen, unmittelbar unter diesem soeben erwähnten Vorsprunge, gewöhnlich grössere Gefässe in die Kieferplatte eintreten. Bei den grossen Anthropomorphen ist jene Andeutung einer Spina mentalis interna wie beim Gibbon nicht vorhanden. Die Gefässe liegen bei jenen in einer tiefen Grube. Unmittelbar über den ersteren hat die hintere Kieferplatte beim Orang-utan und Schimpanse immer zunächst eine stark konvexe Form, die bis zum oberen Alveolarrande ausläuft. Der vorspringende Wulst tritt hier an die Stelle der Linea obliqua interna und giebt zu einer Grubenbildung unter ihm Veranlassung. Nur beim Gorilla erscheint der Alveolarfortsatz oberhalb dieses Wulstes wiederum konkav. Die Zahl der eintretenden Gefässe ist verschieden. Gewöhnlich liegt bei den Anthropomorphen jederseits von der Medianlinie in der Grube, welche die Rückseite des Vorderkiefers bei den Affen auszeichnet, ein grösseres Foramen. Gelegentlich finden sich unter diesen noch einzelne, jedoch sehr viel kleinere Foramina, oder auch ein grösseres genau in der Medianlinie. Dieses bildet dann mit den darüberliegenden die Spitzen eines angenommenen gleichseitigen Dreiecks. Die Richtung der erstgenannten oberen Gefässbahn ist bei den Affen sehr wechselnd, während das Lager der Foramina in der Grube nahezu feststehend ist. Bei den grossen Anthropomorphen steigen die beiden oberen, konstant vorkommenden Gefässbahnen den Knochen durchbohrend, und etwa den Winkel von 45 Grad zur Längsaxe des Knochens bildend, nach der vorderen Fläche des Unterkiefers auf. Die Austrittsöffnung an der letzteren ist individuell verschieden. Teils läuft das Gefäss in nahezu vertikaler Richtung durch den Knochen, teils wendet es sich im Bogen nach aussen und kann hier zwischen Eckzahn und äusserem Schneidezahn an der vorderen Fläche austreten. Bei den niederen Affen läuft die Hauptgefässbahn gewöhnlich in nahezu gerader Linie von der inneren zur äusseren Fläche des Unterkiefers. Beim Menschen geht ein Gefäss, wenn es überhaupt in grösserem Umfange angelegt ist und den Knochen sichtbar durchbohrt, über der Spina mentalis interna eintretend schräg nach unten, tritt aber selten an der Protuberantia mentalis externa aus dem Knochen.

Ich sah ferner das Durchtreten eines Gefässes von der inneren zur äusseren Fläche gelegentlich bei den niederern Rassen, speziell der mongolischen (Eskimos), welches unter der Insertionsstelle des M. geniohyoideus in den Basalteil eindrang, und kurz umbiegend vorn austrat.

Virchow hat in seiner Abhandlung „der Kiefer aus der Schipkahöhle und der Kiefer von La Naulette“ (Zeitschrift für Ethnologie 1882) darauf aufmerksam gemacht, dass über der Spina mentalis interna des Menschen normalerweise jenes Gefässloch vorhanden ist, welches schräg von oben nach unten in den Knochen eindringt. Virchow sagt dort, dass das Gefässloch selbst an erwachsenen Schädeln von sehr verschiedener Grösse sei, bald stelle es eine ganz feine Öffnung dar, bald erreiche es einen Durchmesser von einem Millimeter und darüber. In der Regel befinde es sich nicht einfach in der Fläche des Knochens, sondern im Grunde einer kleinen Grube, welche Virchow Fossula supraspinata nennt. — Passt ein Vergleich dieses Gefässes mit denjenigen der Pitheci? — Bei den niederen Affen ist die Lage der zur Symphyse zutretenden Kraftbahnen an der Rückseite des Vorderkiefers weit höher. Oberhalb jener Grube mit dem schon erwähnten grossen Gefässloche erhebt sich ein sehr starker Wulst mit einem Vorsprunge, welcher im Querschnitt der Kiefer deutlich sichtbar ist. Oberhalb des äussersten Vorsprunges tritt in den Wulst zwar häufig ein zweites grösseres Gefäss, welches aber nicht etwa zur Vorderfläche des Kiefers vordringt, sondern parallel der letzteren zieht und nur den Wulst durchsetzt. (Siehe Fig. 25 g^1.) Wer eine grössere Anzahl von Durchschnitten des vorderen Unterkiefers der Affen gemacht hat, wird bald erkennen, dass der Verlauf und die Anordnung dieser an der hinteren Fläche eintretenden Gefässe nicht allein für jede Art, sondern sogar für jedes Individuum verschieden ist. Nur die Eintrittsstelle jenes grössern Gefässpaares kann man als fest ansehen. Dieselbe liegt an dem Übergange des Kieferkörpers zum Basalteile. Als Basalteil des Vorderkiefers bezeichne ich den Abschnitt von der Grube zum äussersten umgebogenen Rande, wie ihn die Anthropomorphen aufweisen. Beim Menschen entspricht diesem Abschnitt der Kieferteil von der Spitze der Spina mentalis interna bis zum unteren Kieferrande. Aber bei der Spina mentalis interna tritt nun entweder oberhalb oder unterhalb derselben ein Gefäss ein.

Virchow bemerkte, dass unter Umständen eine eigentliche Spina beim Menschen gar nicht zustande kommt, ohne dass die Fossula supraspinata eine besondere Grösse erreicht. Er fand sogar an der Stelle der Spina eine flache Rauhigkeit. Ja, es kann vorkommen, dass diese rauhe Stelle vertieft ist. Virchow sagt darüber wörtlich folgendes: „Es ergiebt sich, dass es zwei Arten von Vertiefungen giebt, welche

leicht miteinander verwechselt werden können: eine obere, im wesentlichen glatte, welche der Fossula supraspinata entspricht, und eine untere, wahrscheinlich immer oder doch in der Regel rauhe, welche die Stelle der Spina mentalis interna (Apophysis geni) einnimmt. Von letzterer möchte ich nach einzelnen Beispielen annehmen, dass sie auch in zwei laterale, durch eine vertikale Leiste getrennte Hälften geteilt sein kann. Im konkreten Fall wird also jedesmal zu entscheiden sein, welche Art von Grube man vor sich hat. Das blose Fehlen des Spina ment. int. kann diese Entscheidung nicht bringen. Meiner Meinung nach entspricht die Grube bei den Affen, welche in der Regel gross, tief, glattwandig und im Grunde von Gefässlöchern durchbohrt ist, der Fossula supraspinata des Menschen, welche also in einem gewissen Sinne pithekoid genannt werden kann, aber nicht mehr als die Orbita und die Nasenhöhle. Im technischen Sinne pithekoid würde erst die Kombination einer grossen Fossa supraspinata mit Mangel der Spina ment. int. sein."

Diese VIRCHOWsche Anschauung lässt jedoch häufig im Stiche. Am deutlichsten sieht man das beim Gibbon. Hier tritt je ein grösseres Gefäss beiderseits von der Symphyse immer unter der deutlich vorhandenen Spina in aufsteigender Richtung wie bei den übrigen Anthropomorphen ein. Ein Gefäss über der Spina habe ich beim Gibbon nicht auffinden können. Wir müssen die Eintrittsstelle dieser grösseren Gefässe nicht allein als durch die äussere Kieferform bedingt annehmen, sondern ich definiere die Lage ihrer Foramina dahin, dass die Gefässe zwischen dem Basalteile und dem eigentlichen Körper des Affenkiefers und zwar unmittelbar unter dem Kieferkörper eintreten. Nur dieses ist der einzig festlegbare Punkt. Die verschiedene Art des Durchtritts in Bezug auf Richtung und Grösse ist in der Form des Knochens zu suchen, und diese ist, wie ich sogleich zeigen werde, wiederum abhängig von den Kraftbahnen, welche durch die Beanspruchung desselben infolge der Muskelwirkung und der Stellung der Zähne geschaffen werden. Die fraglichen Gefässe werden dabei in ihrem Verlaufe möglichst einer neutralen Zone angepasst, welche zwischen oder neben den zu versorgenden Trajektorien liegt. Das von VIRCHOW in der Fossula supraspinata nachgewiesene Gefäss des Menschen hat eine wichtige Bedeutung, auf welche ich noch ausführlich zurückkomme.

Bei den Anthropomorphen hält die Wurzelrichtung sich fast an dem Verlauf der Längsaxe eines Kieferquerschnitts. Die nahezu rechtwinkelige Stellung der Ober- und Unterkieferzähne beim Zusammenbiss und der gleichzeitige starke Prognathismus bedingen jedoch eine Verstärkung des Querschnittes nach innen, gleichzeitig sehen wir in den Querschnitten eine starke Verdichtung der inneren Spongiosa

um die Wurzel herum und zumal an der Wurzelspitze. Einerseits zieht ein wirkliches Trajektorium und zwar im wesentlichen von der Wurzelspitze als

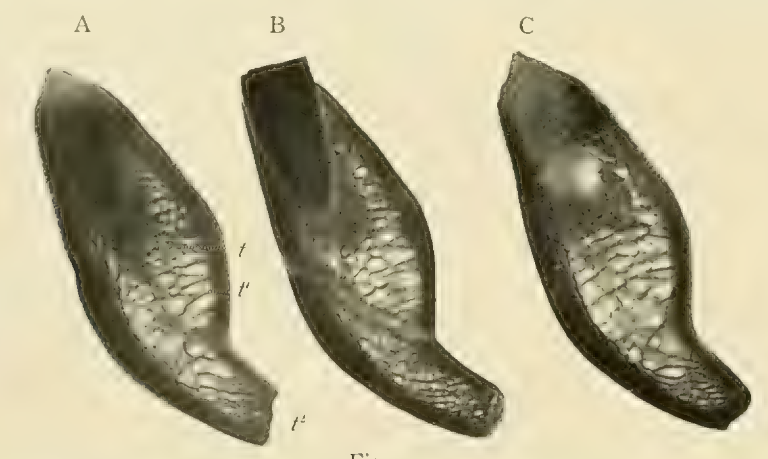


Fig. 23.

Serien-Querschnitte vom Unterkiefer eines Orangutans an der Symphyse.

Gleichmässige, die Kieferplatten verbindende, horizontal laufende Bälkchen. In A bei t Trajektorium des direkten Zahndruckes in seitlicher Richtung als Folge der prognathen Stellung der Zähne. Dies bedingt die konvexe Hervorwulstung der hinteren Kieferplatte. t' Trajektorium des direkten Zahndruckes in der Richtung der Axe des Zahnes. t^2 starkes Trajektorium des M. digastricus. In B Durchtritt des Gefässes in schräger Richtung durch den Knochen nach oben.

starkes Balkenwerk zum sogenannten Lingualwulst, jener höchsten Erhebung der inneren Kieferplatte, welche in ihrer äusseren Form direkt durch ersteres beein-

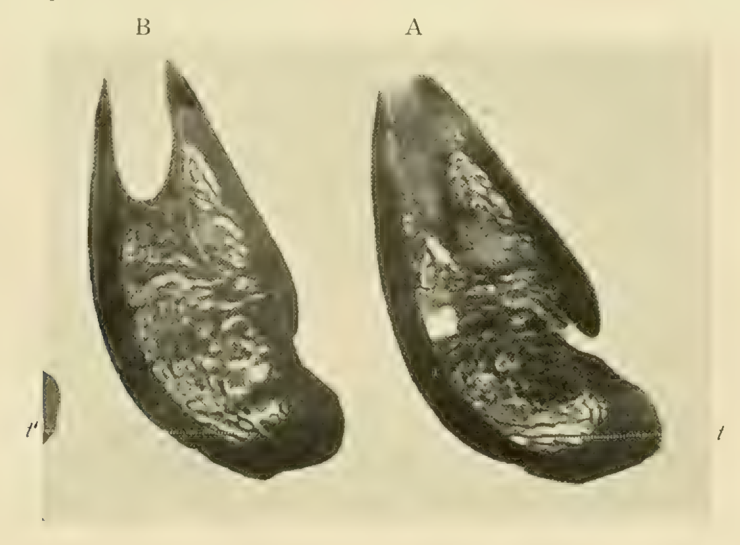


Fig. 24.

Serien-Querschnitte vom Unterkiefer des Gorilla an der Symphyse.

A Schnitt nahe der Medianlinie, B der folgende Serienschnitt. Sehr starke Balken in der Spongiosa. t und t' Schwaches Trajektorium des M. digastricus. Dafür ist die Compacta äusserst stark angelegt. In A Gefässdurchtritt von der Grube nach oben zur oberen Kieferplatte, in B nach oben zur hinteren Kieferplatte abzweigend.

flusst ist. Es findet hier eine Projektion der von der Wurzelspitze seitlich beim Kaudruck ausgeübten Kraft infolge des Prognathismus statt. Je winkeliger der eingepflanzte Zahn zu der vorderen Kieferplatte steht, um so mehr muss der Lingualwulst verstärkt werden. Jene grossen Gefässe, welche bei den Anthropomorphen in der grossen Grube eintreten, werden durch Schräglagerung vor stärkerem Zusammendruck geschützt. Bei vielen niederen Affen stehen die Zähne hart an der äusseren Substantia compacta mehr geradlinig auf dieselbe ansetzend. Die Schneidzahnwurzel steht im Gegensatz zu derjenigen der Anthropomorphen nahezu an der äusseren Fläche des Kiefers (siehe Fig. 25). Das Gefäss würde in der Anlage wie z. B. beim Orangutan (Fig. 23) gerade an der Wurzelspitze austreten, und so einen gewaltigen Druck an seiner Austrittsstelle erhalten. Wir beobachten deshalb bei den niederen Affen einen mehr geradlinigen Durchtritt, und sehen den Zahndruck einerseits nun auf die äussere Fläche des Kiefers, also auf die äussere Compacta verlegt. Anderseits wird der durch die Stellung der Zähne bedingte Seitendruck von der Wurzelspitze nach der Innenseite zu durch ein Stützsystem der Spongiosa aufgefangen. Dieses zieht im Gegensatz zu den Anthropomorphen in schräger Richtung von der inneren Wurzelfläche nach der inneren Kieferplatte, sodass der Wulst äusserlich im Querschnitt zu einer förmlichen Leiste wird. Wir haben hier ein Beispiel der indirekten Erzeugung eines Trajektoriums im Innern des Knochengewebes vor uns, welche durch den seitlich erfolgenden funktionellen Druck der Zähne beim Kauakte erfolgt.



Fig. 25.
Querschnitt vom Unterkiefer an der Symphyse eines Schwanzaffen.
Die Stellung der Schneidezähne an der Kieferplatte bedingt eine sehr starke Entwickelung der hinteren Kieferplatte durch die Beanspruchung auf Druck seitens der Wurzelspitze infolge der prognathen Stellung der Zähne. Bei *t* Trajektorium des M. digastricus, bei *g* Gefässe durch den Knochen von der Grube in gerader Richtung zur vorderen Kieferplatte tretend, *g'* Gefäss oberhalb der Grube in der hinteren Kieferplatte verbleibend.

Ausserdem entsteht häufig noch ein wirkliches Drucktrajektorium von der Wurzelspitze aus in der Längsrichtung des Zahnes. Gerade der Orangutan zeigt infolge der wunderbaren Entwickelung der Spongiosa ein reines Trajektorium, welches von der Spitze jedes Vorderzahnes zunächst geradlinig, dann bogenförmig zu jener grossen Furche zieht, welche den Übergang vom eigentlichen Kieferkörper zum Basalteile bildet. Da beide Kieferteile funktionell verschieden beansprucht werden, der eine indirekt durch den Zahndruck, der andere durch unmittelbare Muskelwirkung, so muss die Einlagerung und speziell die Eintrittsstelle jedes Gefässes zwischen

den beiden Kieferabschnitten als eine vorzügliche funktionelle Anpassung für dasselbe angesehen werden.

Aus den beigegebenen Abbildungen der Affenkiefer geht hervor, dass die äussere Form der hinteren Vorderkieferplatte vom oberen Alveolarrande bis zur Grube neben der Fernwirkung des M. temporalis ein Produkt des indirekten funktionellen Druckes ist, welchen die Zähne infolge des Prognathismus ausüben. Beim Menschen zeigt deshalb die hintere Kieferplatte, der mehr orthognathen Stellung der Zähne entsprechend, nur eine sehr geringe Vorwölbung, im Gegensatz zu den Affen dagegen eine Verstärkung der Corticalis, weil der Zahndruck nahezu geradlinig mit und in ihr verläuft.

Wenn die Lehren der Entwickelungsmechanik zu Recht bestehen, so musste die innere Struktur des vorderen Kieferknochens beim Menschen ganz wesentliche Verschiedenheiten von denjenigen der Affen zeigen. Zum Studium zerlegte ich eine Anzahl von Unterkiefern in sagittale Längsschnitte. Es zeigte sich, dass entsprechend der äusseren Form auch die innere Struktur individuell verschieden war und wenn auch die Anordnung der Spongiosa bei jeder Spezies dieselbe blieb, so war doch die Stärke und Zahl der durch die Röntgenaufnahmen zur Erscheinung kommenden Bälkchen sehr variabel.

Immerhin fanden sich in allen menschlichen Kiefern prinzipielle, wichtige Abweichungen von der Struktur der Vorderkiefer sämtlicher übrigen Primaten.

II. Trajektorien im Vorderkiefer des Menschen.

Wir müssen uns jetzt jenen Trajektorien zuwenden, welche durch die direkte Funktion der Zungen- und Kiefermuskeln geschaffen wurden. Ich bespreche zunächst diejenigen des heutigen Menschen. Von der Ansatzstelle des M. genioglossus, oberhalb der Spina mentalis interna, entspringt ein starker ausgeprägter Knochenbalkenzug, der in schräger Richtung nach unten zum Kinne verläuft. Ein anderes Trajektorium geht von der Ansatzstelle des M. digastricus vom inneren unteren Rande des Kiefers in schräger Richtung nach oben gegen die äussere Fläche. Beide Trajektorien durchkreuzen sich nahe der Symphyse mitten in der Spongiosa. Der Zug des Genioglossus bildet mit Trajektorien des M. geniohyoidei nach jeder Seite von der Symphyse eine abfallende Ebene, sodass auf die vordere Kieferplatte ein Dreieck projiziert wird, dessen Spitze den höchsten Punkt des Kinnes bildet, und dessen Basis jederseits etwa unterhalb des Eckzahnes die Basalfläche des Unterkiefers erreicht. Durch diese Knochenzüge wird

das etwa unter der Spina mentalis interna eintretende Gefäss beim Menschen verhindert aufzusteigen und wird zu einem Verlauf nach der vorderen unteren Basalfläche gezwungen.

Das vom M. digastricus formierte starke Trajektorium, welches von der Ansatzfläche schräg nach oben und aussen durch den Basalteil ziehend die vordere Kieferplatte erreicht, zeigt häufig eine ganz scharfe konturierte Gestalt nahe der Symphyse.

Nach den Seiten hin fällt es zur Basalfläche des Kiefers ab und trägt auf diese Weise ebenfalls zu der dreieckigen Form des Kinnes bei. Endlich sieht man noch gelegentlich unmittelbar unter der Spina mentalis interna des Menschen das nahezu horizontale Trajektorium des M. geniohyoideus zur vorderen Kieferplatte ziehen, welches hier etwa den höchsten Punkt des Kinnvorsprunges erreicht. Auch seine Ausbildung ist individuell sehr verschieden.



Fig. 26. Starke Trajektorien in der Medianlinie eines menschlichen Unterkiefers. Hervorgerufen durch die Wirkung des M. genioglossus *g*, *g* und des M. digastricus *d*, *d*[1]. *s* Spina mentalis interna.

Diese genannten drei Trajektorien bestimmen und erhalten die Form der vorderen Kieferbasis beim Menschen und ich schreibe der Thätigkeit jener Muskeln, welche bei der **Sprache** des Menschen unumgänglich nötig sind, auch die **Kinnbildung** durchaus zu. Wir beobachten bei **keinem** Affen derartige, starke Trajektorien der genannten Muskeln in dieser Lage zu einander und wenn auch im übrigen der ganze übrige Unterkiefer des Menschen nachweislich durch seinen geringeren Verbrauch sich in einer Grössenreduktion befindet, so sind gerade die starken Kraftbahnen dieser Muskeln ein äusserst wertvolles Beispiel dafür, dass ein an Grösse verkümmerndes Organ durch Aufnahme einer verstärkten Funktion **einzelner** Muskeln eine **neue**, scharf ausgeprägte Form lokal entfalten kann. Bei den Affen ohne Unterschied ist die Thätigkeit des M. genioglossus überhaupt noch nicht einmal als selbständiger Knochenzug zu erkennen. Die Umgebung der Grube, in welche der Genioglossus entspringt, zeigt z. B. beim Orangutan in der Spongiosa zwar eine geringe halbkreisförmige Anordnung der Spongiosa, welche das Gefäss umgiebt. Diese Anordnung erscheint jedoch nur als eine Verstrebung gegen verschiedenartige Kräfte, welche auf das eintretende Gefäss sonst einwirken könnten. Beim Orangutan ist das Balkensystem der Spongiosa, welches die beiden Kieferplatten nahezu horizontal miteinander verbindet, an der Ansatzstelle des M. genioglossus sogar zarter und grobmaschiger als im übrigen Kieferkörper. Beim Gorilla wird das gesamte Balken-

werk des Kieferkörpers ungeheuer stark und unregelmässig. Es dient offenbar einerseits zur Verbindung der beiden Kieferplatten, anderseits zur Verstrebung gegen den gewaltigen Zahndruck. Auch hier sehen wir keine Trajektorienbildung des M. genioglossus. (Fig. 23 und 24.)

Eine Verdichtung der Spongiosa zu Trajektorien durch Muskelwirkung findet im vorderen Unterkiefer sämtlicher Affen überhaupt nur an einer einzigen Stelle statt. Der untere Kieferrand ist bei allen Affen mehr oder weniger stark zurückgebogen, so dass die Medianlinie unter Umständen bis zu einer frontalen Ebene reicht, welche vor dem Molaren durch den Kiefer gedacht ist. Dieser umgebogene Rand ist hier auf die alleinige Thätigkeit des M. digastricus zurückzuführen, welcher jederseits nahe der Medianlinie entspringt und im Winkel von etwa 45 Grad ansetzt. Querschnitte durch den Kiefer eines Affen zeigen an dieser Stelle gewöhnlich ein starkes Trajektorium, welches von dem hinteren unteren Rande in schräger Richtung und etwas bogenförmig gegen die vordere Kieferwand aufsteigt. Die Bälkchen dieses Knochenzuges vereinigen sich alsdann mit denjenigen der Substantia compacta der äusseren Kieferplatte. Beim Orangutan erfüllt dieses Trajektorium den ganzen unteren Umschlagsrand des Unterkiefers, welcher sich von der Grube des M. genioglossus bis zur Ansatzstelle des M. digastricus erstreckt. Der Wirkung des letzteren und zumal der Konstanz ist somit allein die Entstehung jenes Umschlagrandes des Unterkiefers zuzuschreiben. Trotzdem der Unterkiefer des Affen kinnlos ist, entsteht durch den zurückspringenden unteren Rand eine gewisse Basalfläche, welche allerdings auch schon äusserlich sehr verschieden von derjenigen des Menschen ist.



Fig. 27.
Starke Trajektorienbildung seitens des M. digastricus *d* und M. genioglossus beim Menschen. Die Serienschnitte bilden die seitliche Fortsetzung von dem Kiefer, welchem Fig. 27 (aus der Medianlinie herausgeschnitten) entstammt.

Selbst beim Gorilla mit seiner gewaltigen Corticalis und seinem starken Strebenwerk der Spongiosa macht sich die Thätigkeit des M. digastricus, wenn auch nicht in jenem Masse wie beim Orangutan geltend. Der Gorilla zeigt wenigstens eine entfernte Ähnlichkeit in der Basalfläche des Unterkiefers mit derjenigen des Menschen. Nahe der Symphyse macht sich zwar die Wirkung des M. digastricus trotz der starken Kieferplatten in Form eines kleinen Trajektoriums geltend. Aber schon der zweite

Fournierschnitt (siehe Fig. 24 B) zeigt, dass die Wirkung des M. digastricus mehr in der Längsrichtung zum Kieferkörper und damit zu den Zähnen erfolgt. Es entsteht dadurch allerdings eine gewisse Basalfläche, welche infolge der gewaltigen Entwickelung des Kieferkörpers zu einer gewissen Breite gelangt.

Beim Menschen entsteht die Basalfläche einerseits durch die dreieckige Projektion der Knochenzüge des M. genioglossus und geniohyoideus auf die vordere Kieferplatte; ersterer steht oft in nahezu rechtwinkeliger Stellung zu demjenigen des M. digastricus. Diese Kreuzung der Knochenzüge ermöglicht analog der Form von Gelenken, als rundlichen Stützknochen, welche rechtwinklig sich schneidende Trajektorien aufweisen, erst jene rundliche Bildung des Kinnes und damit auch einer gewissen Breite der Basalfläche. Der M. digastricus ist ausserdem beim Menschen durch die Verlängerung des Halses, durch Vortreibung des Zungenbeins, durch Anheftung des Muskels an das letztere, durch Vergrösserung des Kehlkopfes und durch den aufrechten Gang in eine steilere Stellung hineingeraten. Durch die Thätigkeit des M. digastricus wird deshalb der hintere Rand des Unterkiefers des Menschen mehr nach unten gezogen. Die innere Kieferplatte hat nun gleichfalls Gelegenheit zur Bildung einer Basalfläche, während bei den Affen jener Umschlagsrand nach hinten allein durch die Thätigkeit des Digastricus entstanden und als besonderer, scharf abgegrenzter konstruktiver Teil des Affenunterkiefers angesehen werden muss. Durch die innere Architektonik, welche auf der weitaus überwiegenden Thätigkeit nur dieses einen Muskels beruht, wird der nunmehr plattenartige Kieferrand allerdings auch zu einer gewissen Basalfläche, welche aber im Gegensatz zu derjenigen des Menschen allein von der vorderen Kieferplatte gebildet wird. Es kommt hinzu, dass nach dem Zeugnis von Bischoff und besonders von Fick (Vergleichend anatomische Studien an einem erwachsenen Orangutan im Archiv für Anatomie und Physiologie 1895) „der M. digastricus beim Orang nur einen Bauch hat, welcher sich am Angulus mandibulae mit kräftiger Sehne ansetzt. Die Insertion befindet sich gerade hinter der der M. pterygoideus internus“. Dadurch muss beim Affen der M. digastricus in eine wagerechtere Stellung kommen und demgemäss mehr in der Richtung der unteren Kieferränder wirken als beim Menschen. Wir sehen den Effekt seiner Thätigkeit deutlich. Die starke Thätigkeit des M. digastricus bei den grossen Anthropomorphen erzeugt mit zunehmendem Alter des Tieres einen immer grösseren Umschlagsrand der Unterkieferbasis. Dass dieser in seiner Grösse nur von der Muskelarbeit abhängig ist, zeigt der zierliche Kiefer des Gibbon, bei welchem der Umschlagsrand auch nur gering ausgebildet ist. Für die Kinnbildung des Menschen muss es als zweckentsprechend angesehen werden, dass mit der abgeänderten Lagerung eines Muskels

die ursprüngliche Gestalt eine vollkommene Umformung erfahren kann, welche mit früheren nur entfernte Ähnlichkeit hat.

Die verschiedene Bildung des Kinnes und der Spina mentalis interna beim Menschen behalte ich einem besonderen Kapitel vor.

III. Wechselseitiger Einfluss der Wurzelbildung, Zahnstellung und Zahngrösse auf den Vorderkiefer.

Im Zusammenhange mit der Kinnbildung steht jedenfalls die Stellung der unteren Schneidezähne beim Menschen im Gegensatz zu den Affen. Baume hat in seiner Abhandlung den Satz aufgestellt, dass die Affen sich im Wurzelteil der Vorderzähne dadurch unterscheiden, dass die Wurzeln nach hinten gekrümmt sind. Er erwähnt diese Thatsache auch vom Schipkakiefer und sagt, dass die Spitzen der Wurzeln im Kiefer von La Naulette, einem jener aufgefundenen menschlichen Kiefer aus der Diluvialzeit, sicher nicht labialwärts umgebogen waren, wie beim heutigen Menschen. Eine derartige Krümmung der Wurzeln nach hinten kommt nach Baume nur als Anomalie beim Menschen vor. Jedenfalls ist es höchst auffallend, dass die noch später zu beschreibenden Unterkiefer, der Krapina- und der Prédmost-Kiefer ebenfalls nach rückwärts gebogene Schneidezahnwurzeln haben; davon zeugen die Zähne selbst oder wenigstens die teilweise noch erhaltenen Alveolen. Hier scheint denn doch bei den diluvialen Kiefern keine blosse Anomalie, sondern ein wichtiges Rassenmerkmal vorzuliegen. Allerdings ist auch jener erste Satz Baumes nur bedingungsweise richtig. In jugendlichen Kiefern der Anthropomorphen sind die unteren Milchschneidezähne teils geradlinig teils wie beim Menschen nach vorn gekrümmt. Letzteres scheint besonders beim jugendlichen Schimpanse der Fall zu sein, wie ich mich häufiger überzeugen konnte. Spezifisch äffisch ist somit die Krümmung der Schneidezahnwurzeln der Anthropomorphen nach innen ebenso wenig, wie die Krümmung der Wurzeln nach aussen spezifisch menschlich ist. Es scheint daraus hervorzugehen, dass nach den Begriffen der Descendenzlehre eine gemeinsame Stammesform für den Menschen und die Anthropomorphen ursprünglich geradeingepflanzte Zähne besass, die verschiedenartige Stellung und Wurzelkrümmung der Vorderzähne aber von den einzelnen Arten erst erworben wurde, und die Wurzelkrümmung sich sogar noch heutzutage jener oben entwickelten Durchbruchstheorie der Zähne gemäss individuell anpasst.

Die Wurzeln der Schneidezähne wachsen bei dem heutigen Menschen in den weitaus meisten Fällen nach vorn, weil sie, ganz an die hintere Kieferplatte gelehnt, beim Wachstum nach jenem von mir auf Seite 233 entwickelten Gesetze ihre Rich-

tung zum Kinn nehmen müssen, wo sie den geringsten Widerstand finden. Ausserdem zeigen die unter den menschlichen Schneidezähnen von der hinteren zur vorderen Kieferplatte schräg verlaufenden Spongiosabälkchen die Beanspruchung des Kieferkörpers beim Kauakte. Dieser Beanspruchung des Knochens werden die sich entwickelnden Zahnwurzeln nach Möglichkeit folgen müssen. Die orthognathe Zahnstellung des Menschen ist dafür kein Hindernis. Bei den Affen schliessen sich die Wurzeln nach jenem Gesetze der Zahnentwickelung ebenfalls möglichst der neutralen Zone an, welche bei ihnen zwischen den gekrümmten Kieferplatten liegt. Je stärker der Prognathismus hier ist, umsomehr müssen die Wurzeln nach hinten gekrümmt sein, umsomehr wird aber auch der linguale Wulst als Verstärkung gegen den Seitendruck beim Kauakt auftreten.

Ein durch die **fertigen** Wurzeln ausgeübter Seitendruck wirkt innerlich verstärkend und äusserlich dadurch formgestaltend auf diejenige Kieferplatte, nach welcher der Druck von der Wurzel**spitze** aus erfolgt. Der Orangutan hat demgemäss einen gewaltigen Lingualwulst, während der am wenigsten prognathe Anthropomorphe, nämlich der Gibbon, den Wulst nur in sehr geringem Massstabe besitzt. Anderseits ist die beginnende Wurzelkrümmung der Zähne abhängig von ihrer Entwickelung in einer neutralen Zone, welche vor dem Durchbruch durch die Richtung des geringsten Widerstandes im Knochen bestimmt wird. Am einfachsten liegen die diesbezüglichen Verhältnisse im vorderen Unterkiefer des Gibbon. Die Wurzeln entwickeln sich im gleichen Abstande von den Kieferknochen und erscheinen deshalb vollkommen gerade. Der wahrscheinlich der Stammform des Anthropomorphen eigne ursprüngliche Prognathismus ist hier nicht durch den übermässigen Gebrauch der Zähne wie bei den übrigen vermehrt. Beim Schimpanse und besonders beim Gorilla und Orangutan wurde der Kiefer mit der wachsenden Benutzung und Vergrösserung der Zähne immer stärker prognath (in der Species verstärkter Prognathismus). Bei diesen Anthropomorphen macht beim weiteren Wurzelwachstum auch die Beanspruchung des die Zähne umgebenden Knochengewebes durch die Funktion ihren Einfluss immer mehr auf die Krümmung geltend. Da das Wurzelwachstum der Richtung der den Zahn umgebenden Spongiosa, welche schon vorher durch funktionelle Anpassung in ihrer Lage bestimmt ist, folgt, so ist für die bleibenden Zähne bei den grossen Anthropomorphen eine Wurzelkrümmung der Vorderzähne stets rückwärts.

Beim Menschen müssten die Vorderzähne in Bezug auf Grösse bei Annahme einer gemeinsamen Stammform mit den übrigen Primaten allmählich reduziert sein. An der Reduktion seiner Eckzähne zweifelt eigentlich kein Anhänger der

Descendenzlehre; die Schneidezähne sind bisher weniger beachtet. Und doch ist die Reduktion dieser Zähne in gewisser Weise massgebend für die Bildung des Kinnes. DARWIN sagt schon in seiner Abstammung des Menschen, dass „die frühen männlichen Vorfahren des Menschen wahrscheinlich mit grossen Eckzähnen versehen waren; in dem Masse aber, als sie allmählich die Festigkeit erlangten, Steine, Keulen oder andere Waffen im Kampfe mit ihren Feinden zu gebrauchen, werden sie auch ihre Kinnladen und Zähne immer weniger und weniger gebraucht haben. In diesem Falle werden die Kinnladen in Verbindung mit den Zähnen an Grösse reduziert worden sein, wie wir nach zahllosen analogen Fällen wohl ganz sicher annehmen können." In ähnlicher Weise äussert sich späterhin DARWIN noch einmal bei der Erläuterung des Gesetzes des Kampfes. DARWINS Erörterungen mögen für den Eckzahn als Waffe des Männchens zutreffen, obgleich man meines Erachtens die starken Eckzähne der Affen ebenso gut als eine Neuerwerbung auffassen könnte; die Grösse der Schneidezähne bei den Anthropomorphen sowohl im Ober- wie im Unterkiefer wird gegenüber derjenigen beim Menschen nicht damit erklärt. Ein wirklicher Beweis war keinesfalls für die Annahme DARWINS gebracht.

Man könnte wohl in dieser Richtung mehr die Anforderungen an die Kauwerkzeuge beim Ergreifen und Abbeissen der Nahrung mit in Betracht ziehen und folgende Schlüsse ziehen. Der Affe benutzt die Vorderzähne zur Zerkleinerung der mit den Händen festgehaltenen Nahrungsmittel in ausgiebigem Masse. Der Mensch lernte allmählich den Gebrauch der Hände zum vorherigen Zerkleinern der Speisen, bevor er den Bissen in den Mund brachte, noch weit mehr als der Affe. Die aufgeschlagenen Knochen von Tieren, um das Mark zu erlangen, zeugen davon, dass die diluvialen Menschenrassen schon frühzeitig diesen Brauch übten, ebenso wie sie allmählich die Eckzähne durch ihre Waffen zu ersetzen lernten. Die Schneidezähne bekamen so ganz verschiedene Funktionen. Die grösseren Arten der Anthropomorphen erhielten durch den vermehrten Gebrauch auch stärkere Vorderkiefer, und die Zähne schlossen sich der Beanspruchung auch in Bezug auf Grössenwachstum an. ROUX hat schon 1880 gelehrt, dass die „korrelative Variabilität" beim Wechsel der Grösse eines Organes oft Zweckmässiges direkt hervorbringt, indem auch Nachbarorgane sich entsprechend in der Grösse verändern. Durch die gleichmässige, grössere Beanspruchung der Zähne in horizontaler Richtung nach vorn, welche beim Abreissen des Bissens erfolgt, wurden bei den Affen beide Kiefer deshalb stärker prognath. Diese Eigenschaft wurde allmählich vererbbare Rasseneigentümlichkeit, wird aber noch heute durch das einzelne Individuum infolge der gleichen Beanspruchung während seines Lebens für sich erworben und womöglich vermehrt. Ältere Affenkiefer zeigen dementsprechend vor jungen immer noch ausser der angeborenen eine individuell erworbene Prognathie. Sie nähern sich damit der Kieferform

der Pflanzenfresser überhaupt. Die Härte der Nahrungsmittel bedingte auch eine Vergrösserung der Schneidezähne bei den Affen, um jede vordere Zahnreihe zu einem fortlaufenden Meissel zu gestalten. Wir haben nun den Fall, dass, wie ROUX treffend sagt, die Organe — Kiefer und Zähne — sich so gross entwickeln, als es der zugeführten Reizgrösse, also dem Bedürfnis des Organismus entspricht.

Die korrelative Variabilität liess dann aber noch einen anderen direkten Vorteil entstehen. Die enormen Schmelzfalten auf den Zähnen des Orangutan ebenso wie die Vergrösserung der Höcker auf den Backzähnen des Gorilla sind für das Festhalten der Speisen als zweckdienliche Abänderungen der ursprünglichen Form anzusehen. Mit der zunehmenden Prognathie und dem dadurch entstehenden grösseren Raum im Munde könnte man wohl auch die von SELENKA gemachte Beobachtung in Zusammenhang bringen, wonach der Orangutan und Gorilla noch neue vierte Molaren erwerben. Sie würden damit immer mehr von der gemeinsamen Stammform abweichen und „tierischer" werden.

Beim Menschen trat das Umgekehrte ein. Durch die Erfindung von Werkzeugen, welche die Nahrungsmittel zerkleinerten, und durch den Gebrauch des Feuers für die Zubereitung der Speisen haben die Schneidezähne und damit auch die Kiefer im vorderen Teile ihre frühere Thätigkeit zum grossen Teil verloren. Die Folge war eine Reduktion dieser Organe an Grösse, welche für den Menschen in Rücksicht auf die erworbene Funktion der Sprache und Erhaltung einer geschlossenen vorderen Zahnreihe sogar von Wert wurde. Der Eckzahn schloss sich dem an. Seine frühere eventuelle Thätigkeit als natürliche Waffe kam jedenfalls durch die Erfindung künstlicher nicht mehr in Betracht. Aus der prognathen Form des Kiefers wurde durch die Grössenverminderung der Zähne und des davon abhängigen Alveolarprozesses eine orthognathe. Die Basis des Unterkiefers folgte beim Menschen jedoch der Reduktion der Zähne und des damit engververbundenen Alveolarfortsatzes nicht. Die Zunge wurde für den Menschen zu einem noch wichtigeren Organ. Die Stammform dieser Organe, ursprünglich nur als Hülfsmittel für den Kauakt dienend, übernahm allmählich eine neue Funktion, — nämlich die Unterstützung der Sprachbildung. Der Raum für die Kiefer- und Zungenmuskulatur musste schon aus letzterem Grunde erhalten, wenn nicht vergrössert werden.

So würde man sich ungefähr den Einfluss der Zahnreduktion und der veränderten Stellung nach den Lehren der Descendenzlehre vorzustellen haben; indessen sind solche Schlüsse so lange verfrüht und angreifbar, bis wirklich sichere Beweise dafür erbracht werden können.

Sind diese Beweise durch Vergleich und Beobachtungen an dem heute uns zur Verfügung stehenden Material zu liefern?

Vergleich der Unterkiefer-Formen des diluvialen und recenten Menschen.

Den bisherigen Resultaten der vorliegenden Arbeit entsprechend musste eine erneute Untersuchung jener erwähnten menschlichen Unterkiefer aus der Diluvialzeit von höchstem Interesse sein, welche schon wiederholt der Gegenstand lebhaftester Diskussion gewesen sind. Speziell der in der Schipkahöhle von Professor MASCHKA aufgefundene Unterkiefer und ein solcher aus den Höhlen von la Naulette zeigten so besondere Eigenschaften der äusseren Form, dass zunächst grosse Zweifel darüber auftauchten, ob man hier nicht zum mindesten Übergangsformen vom Menschen zum Affen vor sich habe. Eine Anzahl von Autoren haben die Kiefer direkt für pithekoid erklärt, während andere sie für pathologische Erscheinungen hielten. Es war nun im hohen Grade wünschenswert über die innere Struktur dieser Kiefer Aufschluss zu erlangen. Man muss auf diesem Wege weit eher zu Erklärungen dieser merkwürdigen äusseren Formen, welche von denjenigen der heutigen Menschen so bedeutend abweichen, kommen und Rückschlüsse auf die Entstehung derselben machen können.

Der Streit, welcher sich über die eigentümlichen, vom recenten Menschen abweichenden äusseren Formen der diluvialen Kiefer und speziell über den Schipkakiefer vor zwei Jahrzehnten erhoben hatte, konnte infolge der geringen Ausdehnung der Objekte und der alleinigen Untersuchung der äusseren Form nicht zu Gunsten der einen oder anderen Partei definitiv entschieden werden. Durch die neue Untersuchungsmethode der inneren Knochenstruktur mittelst Röntgenstrahlen musste meines Erachtens zum mindesten ein sicherer und damit sehr wichtiger Schluss auf das Alter des Individuums, welchem der Schipkakiefer angehörte, gewonnen werden können.

Es konnte früher noch nicht einmal unwiderlegbar festgestellt werden, ob z. B. der Schipkakiefer einem Kinde oder einem Erwachsenen angehörte. Die enorme Grösse desselben sprach für die letztere Ansicht. In keiner anatomischen Sammlung fand sich

ein kindlicher Kiefer von solcher Grösse. Die Eigenschaften der Zähne scheinen dagegen für einen kindlichen Kiefer zu sprechen.

Herr Professor Maschka stellte mir den Schipkakiefer für eine erneute Untersuchung in liebenswürdigster Weise zur Verfügung. Das Kieferstück befindet sich noch in demselben Zustand, wie es von den Professoren Schaaffhausen, Virchow u. a. beschrieben und durch mehr oder weniger gelungene Holzschnitte abgebildet ist. Da noch keine genauen photographischen Reproduktionen des Schipkakiefers vorhanden sind und die nachfolgenden Röntgenaufnahmen besser verständlich sind, so gebe ich in Figur 28—32 das hochinteressante Objekt in verschiedenen Ansichten und in natürlicher Grösse wieder.

Hervorragende Abweichungen von der heutigen menschlichen Kieferform sind beim Schipkakiefer die Entwickelung des Knochens in der Höhe und Dicke, die Breite der Basalfläche, das mangelnde Kinn, das Vorhandensein einer Grube an Stelle der Spina, das Eintreten eines Gefässes in dieser Grube, die Grösse der Zähne und Wurzeln, und die Wurzelkrümmung.

Sehen wir zunächst von den abnormen Grössenverhältnissen des Kiefers und der Zähne ab, so kommen im wesentlichen nur jene Abweichungen der äusseren Form in Betracht, welche durch die im vorigen Kapitel geschilderten Faktoren für die Entstehung der inneren Struktur im Basalteile des Kiefers beeinflusst werden können. Hier finden sich in der That am Schipkakiefer, aber auch in anderen vielen Kiefern äussere Formen, welche denen der Affenkiefer zum mindesten in hohem Grade ähnlich sind. Maschka, Wankel und Schaaffhausen haben deshalb den Schipkakiefer für „pithekoid“ erklärt.

Hauptsächlich stützen sich die Verteidiger dieser Anschauung auf die Grube, welche an Stelle der Spina mentalis interna des heutigen Menschen am Schipkakiefer vorhanden ist.

Allgemein wird als Zweck der Spina mentalis interna eine bessere Anheftung des M. genioglossus an die hintere Kieferplatte angesehen. Nach Virchow erhebt sich die Spina mentalis interna des Menschen von den beiden Rändern der verknöcherten Symphyse gewöhnlich in zwei, seltener in vier Spitzen. Später verschmelzen dieselben meist zu einer einzigen. Oberhalb dieser Spina befindet sich nach Virchow konstant jenes von ihm geschilderte, in einer Fossula supraspinata gelegene Gefässloch, welches von oben nach unten in den Knochen dringt.

Ein einziges Gefässloch in der Medianlinie kommt nun sowohl bei dem Kiefer von La Naulette als auch beim Schipkakiefer, ebenso bei dem noch zu beschreibenden Kiefer von Prédmost und bei anderen diluvialen Kiefern konstant und

zwar in einer Grube vor. Da nun bei den Affen in der Grube, welche zum Ansatz des M. genioglossus dient, ebenfalls Gefässe eintreten, so schloss man, dass die Gruben einander gleich seien, mithin dieselbe beim Schipkakiefer pithekoid sei.

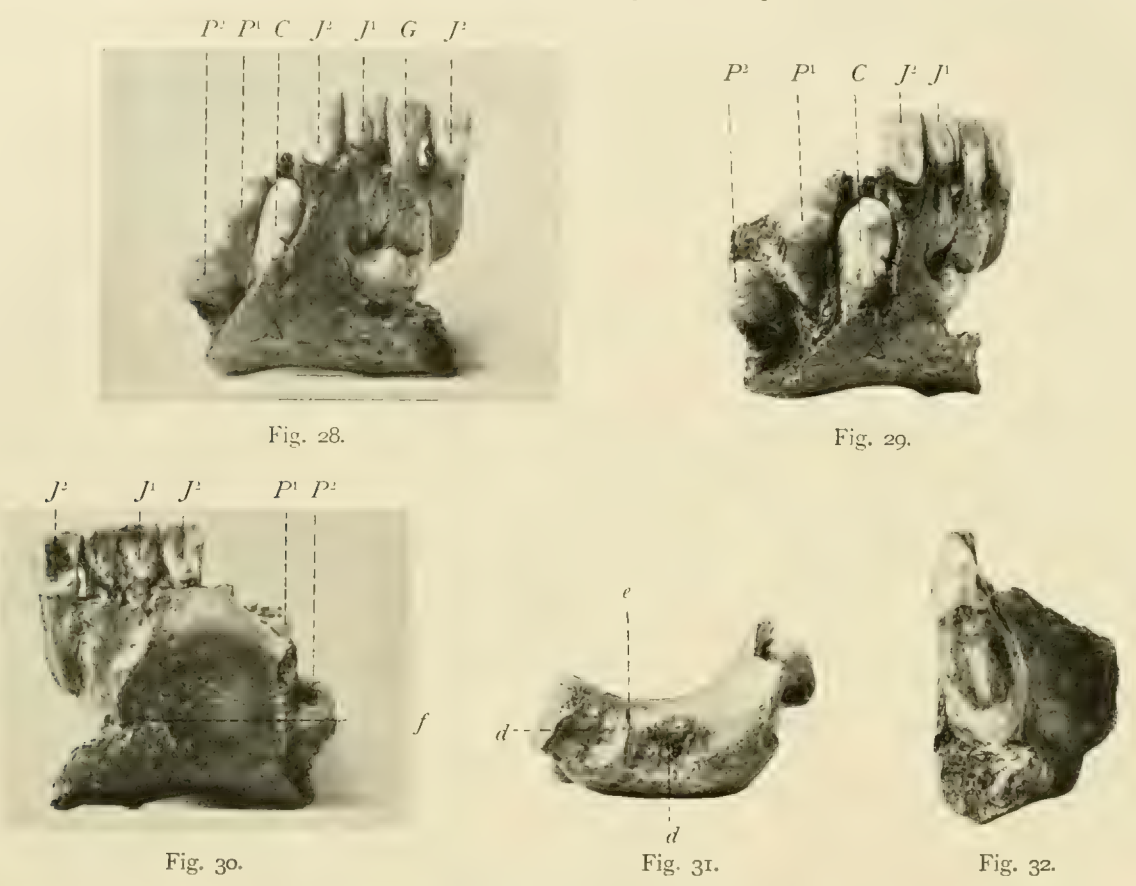


Fig. 28. Fig. 29.

Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32.

Fig. 28. Schipkakiefer, Vorderseite, natürliche Grösse.
J^2 J^1 J^2 Incisivi. *G* Durch Gips ersetzter Incisivus. *C* Caninus. P^1 P^2 Prämolaren.
Fig. 29. Schipkakiefer, Seitenansicht von rechts, natürliche Grösse.
Fig. 30. Schipkakiefer, Rückfläche, natürliche Grösse.
Dieselben Bezeichnungen der Zähne. *f* Foramen, in einer Grube liegend, von Virchow als Fossula supraspinata bezeichnet.
Fig. 31. Schipkakiefer, Basalfläche, in natürlicher Grösse.
d, *d* Gruben des M. digastricus. *e* feine Knochenleiste.
Fig. 32. Schipkakiefer, Seitenansicht von links, natürliche Grösse.
Der linke zweite Incisivus zeigt eine gewaltige Wurzelentwickelung in der Sagittalebene. Die Wurzel ist wie die der übrigen Incisivi der Kiefer nach rückwärts gebogen.

Die Definition einer „pithekoiden" Grube nach Virchow, welche ich auf Seite 261 dieser Abhandlung wiederholte, trifft für den Schipkakiefer bis auf die „Grösse" der Grube, welche in der That bei demselben gering ist, wörtlich zu.

Vom Kiefer von La Naulette behauptet allerdings VIRCHOW direkt, dass die an ihm vorhandene Vertiefung der Fossula supraspinata nicht entspricht. Es läuft mitten durch dieselbe eine vertikale Leiste und zu jeder Seite derselben liegt ei ne rund liche Grube. Es sei also ein Fall von Mangel der Spina mentalis interna mit grubiger Vertiefung der Ansatzstellen der Muskeln. Demnach wäre die Grube nicht pithekoid. SCHAAFFHAUSEN hat in seiner zweiten Schrift (Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens 1883) die VIRCHOWsche Anschauung heftig angegriffen. SCHAAFFHAUSEN liess den Kiefer von La Naulette im Original nochmals untersuchen und teilt das Ergebnis in folgenden Worten mit: „Statt der Apophyses genioglossi finden sich zwei durch eine mediane Leiste getrennte Gruben, von denen jede 3 mm breit und 5 mm lang ist. Die Leiste teilt sich in ihrem oberen Teil wie ein Ypsilon in zwei Schenkel, zwischen welchen sich ein Gefässloch befindet. Die Apophyses geniohyoidei sind flache Rauhigkeiten auf dem unteren Rande jener Grube, sie sind 8 mm lang und 10 mm breit. Diese flachen Höcker reichen an jeder Seite bis zu dem Punkte, wo sich die Linea maxillaris interna mit dem unteren Rande des Sulcus mylohyoideus verbindet." Nach dieser Darstellung, welche man wohl als kompetent erachten muss, weil sie von den Professoren ALBRECHT und DOLLO in Brüssel selbst angestellt wurde, wäre also ein Unterschied von dem Schipkakiefer nicht vorhanden. Auch dieser hat unter dem Gefässloch eine mediane Leiste, welche sich auf halber Höhe Yartig teilt. Die Schenkel umschliessen sanft verlaufend noch den untersten Teil der Grube, in welcher das Gefässloch liegt. Ich gebe in Fig. 33 die strittige Partie des Schipkakiefers in 3½facher Vergrösserung wieder. Man sieht, dass zwischen den Schenkeln des Y eine median verlaufende Gefässrinne von der Grube zur Gabelung des Y führt und erst dann die Leiste beginnt. Die Höcker unter der mit einem Gefässloch versehenen Grube entsprechen (nach SCHAAFFHAUSEN) der Spina. Nach VIRCHOW fehlt beim Schipkakiefer die Spina mentalis interna überhaupt, ohne dass sie durch eine Vertiefung ersetzt würde. Vielmehr „sei die Stelle der Spina unterhalb der Fossula halbwegs zwischen ihr und der hinteren Basalfläche zu suchen, wo ein niederer Querwulst mit einigen Vertikalleistchen zu sehen ist". VIRCHOW sagt in diesem Falle



Fig. 33.
Schipkakiefer, Rückfläche, von der Basis bis zur halben Höhe. 3½ mal vergrössert.
F Foramen, von VIRCHOW als Fossula supraspinata bezeichnet.
R Gefässrinne.
L L' Leisten sich nach unten vereinigend (Y-Form).

sei das Gefässloch des Schipkakiefers unzweifelhaft nicht pithekoid. Schaaffhausen behauptete dagegen gerade das Gegenteil. Man ersieht aus dieser kurzen Rekapitulation der Ansichten der beiden grossen Forscher auf diesem Gebiete, dass sie teilweise zu direkt entgegengesetzten Resultaten gekommen sind. Wie ich glaube, ist hier das unbedingte Suchen nach fehlenden Spina mentalis interna ganz unnötig. Eine Grube bietet an sich für den in ihr inserierenden Muskel denselben Halt, wie eine Spina, wenn nur die noch zu besprechende Bedingung erfüllt wird, dass die Grube zum mindesten auf einer ebenen Fläche liegt. Das Gefäss tritt beim Schipkakiefer im tiefsten Punkte der Grube ein und um dasselbe herum sassen die einzelnen Sehnenbündel des M. genioglossus, welche kleine Erhabenheiten des Knochens für sich hervorriefen, und sogar zwischen sich noch Platz für kleinere auf der Oberfläche des Knochens verlaufende Gefässe lassen. Die Annahme Virchows, dass die Spina beim Schipkakiefer seitlich von der Gabelung des Y auf dem Querwulst zu suchen sei, kann keinenfalls als für die Insertionsstelle des M. genioglossus zu Recht bestehend angesehen werden. Diese Erhabenheiten sind die Ansatzstellen des M. geniohyoidei (in Fig. 33 in Höhe der Hinweisungsstriche L L'). Es lag offenbar als Abzweigung von dem Hauptgefäss, welches durch das Foramen F in den Knochen eindrang, ein kleineres Gefäss auf dem Knochen in der Rinne R. Die Grube, in welcher das Foramen F liegt, ist beim Schipkakiefer nicht sehr gross. An ihren Rändern sind jene wallartigen Vorsprünge für die Ansätze des M. genioglossus. Das Foramen bildet aber nahezu den Mittelpunkt nicht allein der Grube, sondern auch der Umwallung, welche somit allein durch den M. genioglossus gebildet wird. Die hier fehlende Spina mentalis interna des Menschen könnte also höchstens mit dem M. genioglossus in Zusammenhang gebracht werden und nicht mit dem M. geniohyoideus.

Baume hat die Kiefer von La Naulette und der Schipkahöhle und zwar in einer eingehenden Untersuchung geschildert und wendet sich auch gegen die Virchow'sche Ansicht, dass die Spina bei diesen Kiefern fehle, ohne dass sie durch eine Vertiefung ersetzt wäre. Dieser Autor bezeichnet jene Vertiefung, in welcher bei den Affen die M. genioglossi liegen, als sublinguale Exkavation und bildet eine solche Grube im Gegensatz zu Virchow auf beiden Seiten ab. Baume hält dagegen die Fossula supraspinata beim Menschen für eine zufällige Formation, „weil das Gefässloch einen sehr variablen Sitz hat und in der Regel eine Vertiefung, also eine Fossula, in welcher das Foramen liegen soll, selbst bei starker Lupenvergrösserung nicht zu erkennen ist."

Bei der Wichtigkeit einer genauen Erklärung der betreffenden Kieferpartien in der äusseren Form, wie sie Baume gab, möchte ich dieselbe hier wiederholen. Derselbe sagt folgendes:

„Zugegeben, es bestände eine solche Fossula supraspinata beim Menschen, so würden ja die Ansatzpunkte der Mm. genioglossi unter ihr, also unter der Exkavation auf der als Spina mentalis interna bekannten Knochenerhebung liegen. Bei den Affen liegen jedoch die Insertionsstellen der Genioglossi samt einem oder mehreren Foramina zum Durchtritt grösserer Blutgefässe in die sublinguale Region unter einem Knochenwulst in der Exkavation, wie bei den beiden diluvialen Kiefern."

„Demnach ist die Sublingualexkavation von einer Fossula supraspinata, wenn dergleichen wirklich vorkommt, was ich überhaupt bestreite, grundverschieden. Es ist beim Menschen nichts vorhanden, was der grossen Sublingualexkavation beim Affen entspricht. Diese in Rede stehende Exkavation ist bei beiden diluvialen Kiefern wohl vorhanden, findet aber kein Analogon beim Menschen und erinnert lebhafter als jeder andere Teil der Fläche des Mittelstückes an den äffischen Typus. Wir haben demnach die grubig vertieften Mm. genioglossi ohne Spina in einer Exkavation, wie sie Professor Virchow als pithekoid verlangt, vor uns. Schon bei der genaueren Betrachtung der etwas abgeänderten Richtung der ganzen Kinngegend können wir uns der Vorstellung nicht erwehren, dass mit der mangelnden Protusion auch die innere Oberfläche im ganzen eine andere Richtung nehmen und im einzelnen anders modelliert sein muss. Beim Kind ist die Protusion des Kiefers nicht in dem Masse ausgesprochen wie beim Erwachsenen. Die Spina mentalis interna ist bei Kindern, wie schon gesagt, gewöhnlich schwach ausgebildet. Dagegen finden wir die Insertionsgruben der Mm. genioglossi nicht zu selten. Erst mit der vorschreitenden Protusion hebt sich die Spina deutlicher hervor und sitzt immer an der Stelle, wo der Knochen nach vorn umbiegt. Beim jungen Anthropoiden ist ferner die sublinguale Exkavation noch nicht so scharf wie beim erwachsenen Individuum ausgeprägt und könnte in diesem Stadium eher mit den beiden in Rede stehenden diluvialen Kiefern verglichen werden, als mit demjenigen erwachsener Affen. Erst wenn der Kiefer seine volle Grösse erreicht hat und unten scharfkantig nach hinten retrahiert ist, dann tritt die schärfste Ausprägung der sublingualen Exkavation in typischer Form ein. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass die Modellierung der Innenfläche von der Gesamtrichtung abhängig ist."

Dass eine Fossula supraspinata über der Spina häufig vorkommt, was Baume verneint, und dass diese Grube sogar ein grösseres Foramen im Grunde zeigt, kann ich nach zahlreichen Untersuchungen menschlicher Kiefer bestätigen. In dem letzten Ausspruch Baumes liegt dagegen offenbar sehr viel richtiges, der Zweck eines Foramen supraspinatum respektive auch derjenige eines eintretenden Gefässes über der Spina mentalis interna des heutigen Menschen ist jedoch nicht damit erklärt. Hier konnten nur wieder Kieferquerschnitte entscheiden. In der That fand sich, dass bei Kiefern, in

denen das Trajektorium des M. genioglossus oberhalb der Spina stärker ausgebildet war, ein Gefäss auch oberhalb der Spina mentalis interna häufig und zwar parallel jenem Trajektorium in die Spongiosa eindrang. Dasselbe verläuft jedoch immer unter oder zwischen jenem Trajektorium des M. genioglossus, noch genauer definiert, in der neutralen Axe jenes. Denn auch unterhalb des Hauptzuges der Knochenbalken ist noch deutlich eine wenn auch schwächere Knochenbälkchenverdichtung vorhanden. (Siehe Fig. 34 a und b.) Das Trajektorium des Genioglossus hat also etwa die Gestalt eines Hohlcylinders. Offenbar hat dieses Gefäss den Zweck, für die Ernährung des Trajektoriums zu sorgen. Fig. 34 zeigt die Lagerung der anatomischen Bestandteile. Das fragliche Gefäss kommuniziert hier einerseits mit einem solchen, welches in der Richtung des Zuges des M. digastricus verläuft und für das Trajektorium dieses Muskels sorgt. Anderseits steigt eine weitere Abzweigung von der Vereinigungsstelle jener Gefässe aufwärts zum Alveolarfortsatz. Es durchbohrt aber nicht die vordere Kieferplatte am Kinn, wo das starke Trajektorium des M. digastricus in diesem Präparat den Durchtritt verhindert. Wie überall lagern sich grössere Gefässe möglichst in neutrale Zonen ein und versorgen dann durch kleine seitliche Abzweigungen die benachbarten Trajektorien, während erstere letzteren möglichst parallel laufen.

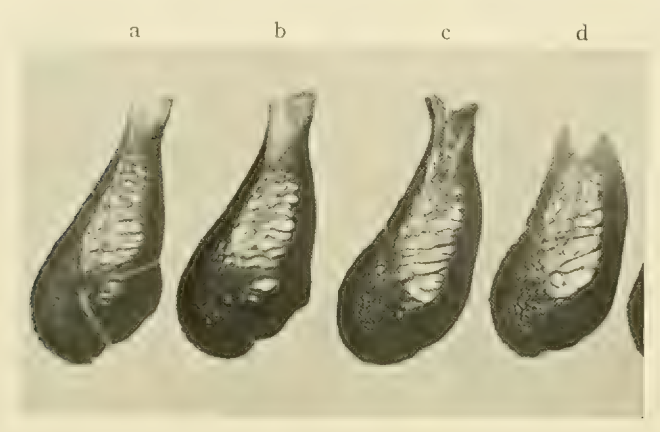


Fig. 34.
Menschlicher Unterkiefer, Querschnitte von der Medianlinie bis zum Eckzahn.
Starke Entwickelung des Trajektoriums des M. digastricus und des M. genioglossus oberhalb der schwachen Spina. Gefässverteilung im Knochen, speziell Eintritt des Gefässes in eine Fossula supraspinata bei a. Das Kinn ist auch seitlich von der Medianlinie stärker ausgebildet, und erscheint hoch.

Wer die Trajektorienbildungen durch die Funktion der Kiefer- und Zungenmuskeln beachtet, wird sich nicht mehr der Anschauung hingeben, dass ein Foramen an der Rückseite des Kiefers ein bestimmtes anatomisches Merkmal ist, sondern wird die Ausbildung eines solchen Gefässes, der individuellen Anpassung gemäss, nur als ein Hilfsmittel für die notwendige grössere Ernährung eines Teiles der Spongiosa ansehen, welches durch die Muskelfunktionen zu einer grösseren Thätigkeit gezwungen ist. Folgt man dieser Auffassung der Gefässentwickelung im Knochen, so wird auch leicht der Eintritt der Gefässe in denselben erklärlich. Jene beiden grossen Foramina,

welche in der Grube des Affenunterkiefers eintreten, sind durchaus verschieden von einem Gefässe, welches in einer „Fossula supraspinata“ des Menschen eintritt. Dieses ist **allein** für das Trajektorium des M. genioglossus bestimmt, jene ernähren durch zahlreiche Verzweigungen jederseits den eigentlichen Kieferkörper und dringen häufig an der inneren Kieferplatte mit besonderen Verzweigungen bis zum Alveolarfortsatz vor. Der starke Lingualwulst der hinteren Kieferplatte bei den grossen Anthropomorphen erfordert einen weit grösseren Zufluss des Ernährungsmaterials als die ziemlich gerade Kieferplatte des Menschen und des Gibbon. Deshalb steht diese Gefässentwickelung bei den grossen Anthropomorphen offenbar im direkten Verhältnis zur Beanspruchung des Kieferkörpers, speziell jenes Teiles derselben, welcher durch die **Zähne** beim Kauakte mehr oder minder stark beansprucht wird. Die Entstehung und Lage einer Spina mentalis interna des Menschen ist von der Entwickelung der grösseren Gefässe, welche in die hintere Kieferplatte bei sämtlichen Primaten eintreten können, unabhängig. Die Spina mentalis interna findet sich nun nach meinen Beobachtungen nahezu immer an dem Punkte der Medianlinie, wo beim Menschen der Kieferkörper an den Basalteil grenzt. Hier stossen häufig die beiden Kraftbahnen, welche durch die Wirkung der M. temporales hervorgerufen werden, in der Medianlinie zusammen. Zugleich setzt an dieser Stelle beim Menschen der M. genioglossus an. Die Spina mentalis interna entsteht somit an dem Punkte, wo die Beanspruchung des Knochens eine sehr starke und wechselnde ist. Beim menschlichen Kiefer ist deshalb die Corticalis, abgesehen infolge der Zahnstellung, auch aus diesem Grunde an der Innenseite weit stärker als bei den Affen, und an der Ansatzstelle der Spina beim Kiefer des Menschen besonders ausgebildet. Die nahezu gleichartige Richtung des Zuges vom M. genioglossus bei den Anthropomorphen mit derjenigen des M. digastricus und zugleich die unregelmässige, geringe Thätigkeit des M. genioglossus geben Veranlassung, dass bei den Affen die Grube vollauf zur Insertion des M. genioglossus genügt.

Zschokke (Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung 1892) hat im allgemeinen nachgewiesen, dass, wo reiner Zug besteht, d. h. wo die Ränder nicht auf knöcherne Unterlagen drücken, sondern wo sie z. B. senkrecht zur Knochenfläche sich inserieren, sozusagen niemals ein Fortsatz, sondern vielmehr eine Grube sich vorfindet. Er erinnert an den M. flexor digitorum pedis brevis und zahlreicher anderer Gruben, welche zur Aufnahme von Rändern dienen.

Die Bildung einer Spina mentalis macht von dieser Regel keine Ausnahme. Bedingung für eine Grubenbildung beim Muskelansatz ist, dass die Ansatzstelle mindestens

auf einer geraden Fläche sich befindet. Noch günstiger ist, wie es bei den Affen in der That der Fall ist, wenn der Muskel in einem Winkel ansetzt, welcher unter 180° beträgt. Der bei den Affen durch die Thätigkeit des M. digastricus umgebogene Rand schuf in der That einen solchen Winkel an der inneren Kieferplatte. Beim heutigen Menschen sind die anatomischen Verhältnisse gerade die umgekehrten. Kieferkörper und Basalteil bilden in ihrer Stellung einen weit grösseren äusseren Winkel als 180°. Und gerade am Scheitelpunkte dieses Winkels befindet sich die Ansatzstelle des M. genioglossus. Es giebt kaum eine günstigere Stelle für die Bildung einer Spina!

Ich schreibe die ungleichmässige Ausbildung dieser Kieferform beim Menschen und Affen der verschiedenartigen Stellung des Kopfes zum Rumpfskelett zu. Mit der steileren Lage des M. digastricus, welche eine Folge des aufrechten Ganges des Menschen ist, muss sich die hintere Kieferplatte in ihrer Form stark gegen den Typus der übrigen Primaten verändern. Eine mehr oder minder starke Beteiligung des M. digastricus bei der Funktion des Unterkiefers muss die Gestalt der Basalfläche unterhalb des Genioglossus schon unbedingt beeinflussen. Eine Umbiegung des Unterkieferrandes nach hinten, wie es bei den grossen Anthropomorphen der Fall ist, ist beim Kiefer des Menschen bei seiner Kopfstellung überhaupt nicht möglich. Dagegen muss mit der Steilstellung des M. digastricus bei einem sehr starken Gebrauche des letzteren eine breitere Basalfläche die notwendige Folge sein. Es können alsdann Kieferformen vorkommen, bei welchen, wie VIRCHOW vom Kiefer von La Naulette sagt, „ein Teil der hinteren Fläche gleichsam nach vorn gewendet ist und mit dem unteren Rande eine verhältnismässig breite Basalfläche bildet. Die vordere Fläche dieses Kiefers stellt eine breitgerundete Wölbung dar, an der freilich nur eine schwache mentale Hervorragung zu bemerken ist, die aber keineswegs nach rückwärts gerichtet ist". Mit der steileren Stellung des M. digastricus durch den aufrechten Gang des Menschen konnte es bei bestehendem Prognathismus zur Ausbildung eines Kinnes weit weniger kommen, weil sich das Trajektorium des M. digastricus mehr dem Verlaufe der vorderen Kieferplatte anschliesst. Jene schwache mentale Hervorragung an diesem Kiefer ist meines Erachtens nur auf die Thätigkeit des M. genioglossus zurückzuführen, dessen Trajektorium aber allein niemals zur vollendeten Kinnbildung führen kann. Dazu gehört unbedingt die noch zu besprechende Reduktion der Zähne und des Alveolarfortsatzes, des ursprünglich prognathen Kiefers an Grösse. Erstere ist bei dem Kiefer von La Naulette und der Schipkahöhle keinesfalls so ausgeprägt, wie bei dem heutigen Menschen. Mit jener Verbreiterung der Basalfläche eines menschlichen Kiefers muss aber auch die innere Kieferplatte eine geradere

werden. Dadurch erhält der M. genioglossus eine ähnliche Möglichkeit, zu inserieren, wie bei den Affen. Letzteres ist bei den bisher aufgefundenen diluvialen Kiefern der Fall. Die Ausbildung einer Spina mentalis interna kann bei den heutigen Menschen, wie schon TOPINARD berichtet hat, im höchsten Grade variieren. Ja, es kommt vor, dass der M. genioglossus in gerader Anheftung ohne sichtbare Erhöhung oder Vertiefung, aber auch sogar unter Umständen in einer Grube anheftet. Nach meiner Darlegung glaube ich auf das Bestehen oder Nichtbestehen einer Spina mentalis interna beim Menschen in Rücksicht auf die Stammesgeschichte keinen so grossen Wert legen zu dürfen. Sie ist weder spezifisch menschlich, noch ist ihr Fehlen spezifisch äffisch. Ihr Entstehen ist jedoch an die Form der inneren Kieferplatte gebunden. Bedingung für sie ist, dass die innere Kieferplatte an der Ansatzstelle des M. genioglossus nicht zu einer geraden Linie wird, oder dass gar, wie es bei den Affen der Fall ist, der Winkel weniger als 180° beträgt. Alsdann kommt es jedesmal für die Insertion des M. genioglossus zur Grubenbildung.

Die Ursache für die Bildung der Spina mentalis interna beim Menschen, sowie die Grubenbildung bei den Affen ist nur in der Abänderung der Kieferform durch die besondere Funktion der Muskeln zu suchen. Für die Gestaltung des Basalteiles des Vorderkiefers kommt zwar auch die Stellung und Beanspruchung des M. digastricus in Betracht. Der M. genioglossus des Menschen hat jedoch ebenfalls einen sehr wichtigen Einfluss, welcher am besten erörtert wird, nachdem die folgenden Resultate meiner Untersuchung über die innere Struktur der diluvialen Kiefer erläutert sind.

Die Kiefer aus der Schipkahöhle, von Prédmost und von Krapina und ihre innere Struktur.

Der interessanteste aber auch viel umstrittenste aller bisher aufgefundenen diluvialen menschlichen Kiefer ist unbedingt derjenige aus der Schipkahöhle. Ich habe eine grosse Anzahl von Aufnahmen mit Röntgenstrahlen von demselben angefertigt. Einige derselben gebe ich in den Figuren 35, 36 und 37 wieder. Die erhaltenen Resultate waren in hohem Grade befriedigend, weil vieles bisher Zweifelhafte durch diese Aufnahmen mit Sicherheit entschieden werden kann.

Die Ergebnisse waren folgende:

Die drei Schneidezähne sind, wie auch schon VIRCHOW betont hat, bis auf das Dentin abgekaut. Die Wurzeln derselben sind vollständig ausgebildet, nur der rechte äussere Schneidezahn steht genau in seiner Alveole, während die beiden anderen nicht absolut der Alveolenwand anliegen. Jedoch ist die Abweichung von der normalen Stellung so gering, dass sie bei den allgemeinen Schlussfolgerungen nicht in Betracht kommen kann. Geradezu auffallend ist die grosse Weite der Wurzelkanäle in den Schneidezähnen und sie betrachte ich als absolutes und sicherstes Zeichen dafür, dass der Kiefer nur einem Kinde angehören kann, dessen Alter ich nach dem Bilde auf zehn Jahre annehme. Bei genauer Betrachtung der Wurzelspitzen erkennt man, dass dieselben gerade eben erst vollendet sein können. Die Wurzeln stehen, abgesehen von ihrer schon äusserlich sichtbaren Krümmung nach hinten, genau so in dem stark ausgebildeten Alveolarfortsatze wie bei den heute lebenden Menschen im Alter von zehn Jahren. Vergleichende Röntgenaufnahmen ergaben bei Kinderzähnen proportional dieselbe Weite der Pulpenkanäle. Den Schneidezähnen entspricht die Ausbildung der übrigen im Kiefer enthaltenen drei Zähne vollkommen. Bei den Radiogrammen ist das Verhalten des

Eckzahnes von höchster Bedeutung, welcher bei der äusseren Betrachtung des Präparates nicht wie die beiden Prämolaren zu Tage liegt, sondern von der erhaltenen vorderen Kieferplatte grösstenteils verdeckt ist. Die Röntgenaufnahme zeigt den Eckzahn in einer gewaltigen Anlage, obgleich die Wurzelbildung noch nicht einmal soweit fortgeschritten ist, dass es zur Verengerung des Pulpakanales kam. Der Eckzahn hätte nach seiner Entwickelung jedenfalls eine ganz enorme Grösse erreichen müssen. Die Pulpahöhle ist so weit, dass ein 4—5 mm langer Draht, welchen offenbar ein früherer Untersucher am augenblicklichen Wurzelende eingeführt hat, noch nicht einmal den Raum der Pulpahöhle in der Breite ausfüllt. Man sieht an dem Wurzelende dieses Eckzahnes noch deutlich die verdichtete Spongiosa als Widerlager für den wuchernden Pulpawulst. Dasselbe schliesst sich in seiner Form genau den Dichtigkeitsverhältnissen der umgebenden Knochensubstanz an. Der Eckzahn steht mit seiner mesialen und distalen Seite nahezu auf der für dieses Alter normal dicken Substantia compacta der Basalfläche, und der trennende Pulpawulst hatte ein durchaus normales Aussehen. Damit wird die von Virchow ausgesprochene Meinung, dass es „ziemlich wahrscheinlich sei, dass die Wurzel des Eckzahnes ausgebildet ist, obwohl derselbe noch nicht durchgebrochen ist“, durchaus unhaltbar. Es ist beim Eckzahn sogar noch nicht einmal die eigentliche Wurzelbildung so weit fortgeschritten, dass eine Verengerung des Pulpakanales die erstere auch im Inneren des Zahnes anzeigt.



Fig. 35.
Schipkakiefer, Röntgenaufnahme von vorn.
Die Aufnahme zeigt die weiten Pulpakanäle der eben fertig entwickelten Schneidezähne und des noch wurzellosen Eckzahnes. Trajektorien des M. digastricus ist ziemlich schwach, dasjenige des genioglossus (*g*) nur andeutungsweise vorhanden. Die Substantia compacta an der Basalfläche ist stark entwickelt.

Die beiden Prämolaren stehen entwickelungsgeschichtlich auf demselben Standpunkte wie der Eckzahn und die Schneidezähne für das oben angegebene Alter. Die Wurzelenden sind etwas verletzt, aber die Weite der Wurzelkanäle entspricht durchaus derjenigen eines Kindes. Ich erwähnte schon die für dieses Alter normale Substantia compacta der Basalfläche. Die gesamte Spongiosa weicht nicht von derjenigen eines normalen zehnjährigen Unterkiefers des heutigen Menschen ab.

Durch diese Röntgenaufnahmen werden eine grosse Anzahl strittiger Punkte über dieses Kieferstück definitiv erledigt. Der Kiefer ist zunächst, wie schon erwähnt, in Bezug auf das Alter des Individuums als von einem zehnjährigen Kind

stammend (ganz im Gegensatz zu Virchow) festgelegt. Das beweist der augenblick-Stand der Entwickelung sämtlicher Zähne. Die Stellung der letzteren ist von Schaaffhausen bei der Restauration des Kiefers nahezu vollständig richtig wiederhergestellt worden. Die Virchowsche Meinung, dass vielleicht auch die Wurzel des Eckzahnes vollständig ausgebildet sei, während die Wurzeln der beiden Prämolaren eine ganz unentwickelte Beschaffenheit hätten, wird durch die Röntgenaufnahme direkt widerlegt. Der Zweifel Virchows, dass die Kronenform, die Grösse der Zähne, die Neigung zur Vermehrung der Cuspidation an den Prämolaren bei den heutigen Menschen nicht vorkomme, und dass somit eine durchgreifende Bildungsanomalie und zwar eine Excessbildung von allen Zähnen erkennbar sei, ist schon durch Baume in seiner Ab-

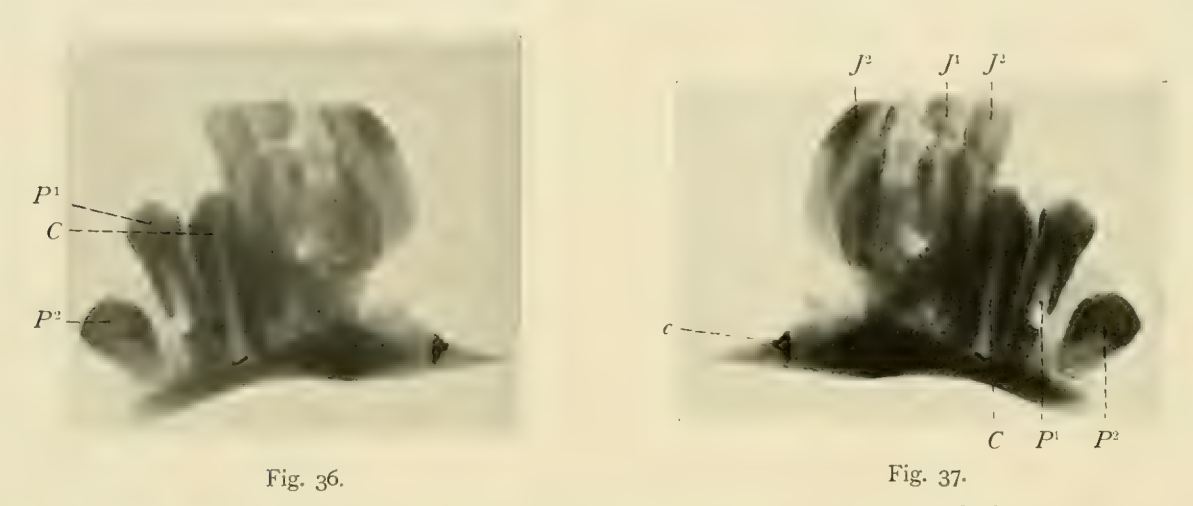


Fig. 36. Fig. 37.

Fig. 36. Schipkakiefer, Röntgenaufnahme, von der rechten Seite. Die Aufnahme zeigt die unfertigen Prämolaren und den Caninus.

Fig. 37. Schipkakiefer, Röntgenaufnahme, etwas schräg von der Rückseite (mit Film). Bei *c* Verstärkung der Compacta an der Symphyse.

handlung bestritten. Die vorliegenden Röntgenaufnahmen entscheiden hier zu Gunsten Baumes. Ich werde noch am Predmoster und Krapina-Kiefer nachweisen, dass eine Vermehrung der Cuspidation bei den diluvialen Menschen eine Rasseneigentümlichkeit war. Wer übrigens die höchst variablen Formen der Kronen und Wurzeln bei den heutigen Menschen beobachtet hat, kann sich nur der Meinung Baumes anschliessen, dass bedeutende Differenzen der Grösse und Form der Kronen sowie der Wurzelstellung, Krümmung und Teilung vorkommen. Immerhin ist es bemerkenswert, dass die Grösse der Zähne beim Schipkakiefer eine gewaltige ist. Eine durchgreifende Bildungsanomalie, wie Virchow annimmt, besteht aber darum durchaus nicht. Im Gegenteil, die Aufnahmen zeigen vergleichend nicht allein eine ge-

waltige Kieferentwickelung, sondern der letzteren entsprechend eine ganz harmonische Zahnentwickelung. Zwar haben die Wurzeln der Incisivi einen abnormen Durchmesser in der Sagittalebene, aber sie passen, obwohl sehr gross, doch sehr guten, zu dem sich entwickelnden Eckzahn, welcher vielleicht nur noch massiger und nicht etwa klein, wie bei dem heutigen Menschen zur Vollendung gekommen wäre. Die Röntgenaufnahmen beweisen ausserdem, dass auch die Prämolaren den vorderen Zähnen durchaus entsprechen. Die Abnutzung der Schneidezähne, welche Virchow als besonders bemerkenswert hinstellt, kann gegenüber den Röntgenbildern mit Bezug auf das kindliche Alter nicht in Betracht kommen. Schaaffhausen hat schon erwähnt, dass an jugendlichen, prähistorischen Schädeln die Zähne infolge roher Nahrung oft in auffallender Weise abgeschliffen sind. Am Předmoster Kiefer sind selbst die Milchzähne bis auf das Zahnbein abgekaut! Das liegt doch wohl nur an der damaligen Nahrung, respektive Zubereitung derselben, welche von derjenigen des heutigen Menschen total verschieden war. Indessen haben noch heutige Völkerstämme, z. B. nordamerikanische Indianer, schon in der frühesten Jugend sehr stark abgeschliffene Zähne.

Auffallend ist nun die Grösse des Unterkiefers selbst, sodass Virchow ihn „als einen erwachsenen Kiefer ansieht, der sogar sehr gross ist". Virchow sagt ferner: „Bei den meisten Stücken, die wir messen, ist der Kiefer nicht so dick. Einen Kiefer in der Dicke der Basis des Schipkakiefers kenne ich überhaupt nicht. Der Schipkakiefer hat, um es mit einem Worte zu sagen, statt des unteren Randes eine breite Fläche." Virchow erklärte diesen Anschauungen gemäss auch den Kiefer selbst als eine ganz anomale Bildung, welche durch das Liegenbleiben der Zähne innerhalb desselben, also durch eine Retention der Zähne entstanden sei. Schaaffhausen hat nun schon mit Recht betont, dass drei Zähne in normaler Form und in der regelrechten Stellung der kindlichen Zahnung retiniert, noch nicht beobachtet sind. Zwar ist von Zuckerkandl ein solcher Fall beschrieben worden. Es handelte sich um den Eckzahn und die beiden Prämolaren des Oberkiefers. Doch ist dieser Fall mit dem Schipkakiefer gar nicht zu vergleichen. Die Wurzeln jenes Oberkiefers waren vollständig ausgebildet, teilweise jedoch schon wieder durch Resorption vernichtet, wie es bei retinierten Zähnen nicht ganz selten vorkommt. Dafür tritt dann nach Bildung von Howshipschen Lakunen etc. Knochengewebe an Stelle des Zahnbeins. Es kommt endlich zu einer wirklichen Verwachsung des Knochens mit dem Zahn. Derartige Vorgänge sind am Schipkakiefer absolut nicht zu konstatieren. Virchow glaubt nun, dass das Wurzelwachstum bei retinierten Zähnen längere Zeit unterbrochen, und erst später wieder aufgenommen

wird. „Ist diese Vermutung richtig, so müsste man den Zahn in der Zwischenzeit im Kiefer verborgen und zwar mit unvollendeter Wurzel antreffen können, demnach in einem Zustande, wie die Prämolaren des Schipkakiefers ihn darbieten. Würde er dagegen schon in seiner retinierten Lage ganz entwickelt, ohne dass es ihm gelingt durchzubrechen, so müsste man ihn zu jeder Zeit von da ab auch ganz vollendet im Innern des Kiefers antreffen, wie es vielleicht mit dem Eckzahn des Schipkakiefers der Fall ist." Auch gegen diese Meinung VIRCHOWS sprechen die beigegebenen Bilder des Schipkakiefers. Das Röntgenbild zeigt eine durchaus nicht ausgebildete Wurzel und sogar der wuchernde Pulpawulst des Eckzahnes ist noch genau erkennbar. Zahnärzte haben öfters Gelegenheit, retinierte und später zum Durchbruch kommende Zähne, insbesondere Eckzähne, zu extrahieren. Es ist mir kein Fall bekannt, wo ein solcher Zahn im Gebiss eines Erwachsenen ohne fertig gebildete Wurzel war. Eine Nachfrage auf der Versammlung des Centralvereins deutscher Zahnärzte 1901, ob jemandem schon im Kiefer eines Erwachsenen derartiges vorgekommen sei, wurde von mehreren hundert Zahnärzten verneint. Dagegen sind in der zahnärztlichen Litteratur eine ganze Reihe von Fällen bekannt, in welchen retinierte Zähne von 30—70jährigen Individuen durchbrachen. Niemals ist in solchen Berichten von einem noch nicht vollendeten Wurzelwachstum, sondern meist von einem wohl ausgebildeten mit einer Wurzelkrümmung versehenen Zahne oder von jener erwähnten Resorption die Rede. Meine Schilderung des Wurzelwachstums der Zähne auf Seite 236 wird durch das Verhalten retinierter Zähne nur bestätigt. Die von VIRCHOW für den Schipkakiefer angenommene Zahnretention zumal dreier Zähne nebeneinander ist auch aus diesen Gründen im höchsten Grade unwahrscheinlich. Ich gebe in Figur 38 einen Fall von Zahnretention wieder, welcher beweist, dass schon bei jugendlichen Individuen die Wurzeln retinierter Zähne ebenso schnell vollendet werden, als beim normalen Durchbruch. Es ist eine der zahlreichen Röntgenaufnahmen, welche ich an Lebenden von Zahnanomalien gemacht habe. Man kann sich eigentlich nur vorstellen, dass eine Retention ohne Wurzelvollendung vorkommen könnte, wenn nämlich die Zahnkeime durch

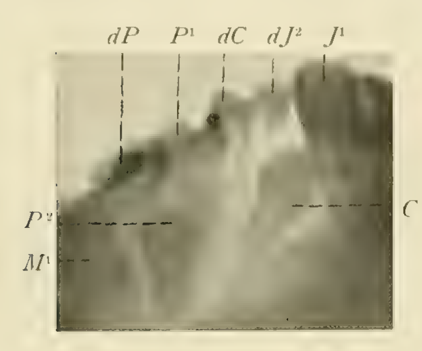


Fig. 38.
Radiogramm vom Oberkiefer eines 12jährigen Mädchens mit retinierten Zähnen.
Es fehlten bei der Okularinspektion J^2, C, P^2, die Röntgenaufnahme ergab das Fehlen des J^2, die Retention des C und P^2. Die Wurzeln dieser beiden Zähne sind vollendet (normale Beendigung des Wurzelwachstums ebenfalls im Alter von 12 Jahren), trotzdem C ein grosses Hindernis in dJ^2 fand, dessen Wurzel zwar resorbiert wurde, dessen Krone jedoch den Durchbruch des C verhinderte.

eine Krankheit oder eine Basis vorher zerstört wären. Dann fehlt aber die treibende Kraft für den Zahndurchbruch, und gegen eine solche Annahme beim Schipkakiefer spricht eben die verdichtete Spongiosa an dem noch nicht vollendeten Eckzahn des Schipkakiefers. Auch jener Fall von einem 56 jährigen Kretin, welchen VIRCHOW in seiner Abhandlung erwähnt, ergab nach seinen eigenen Angaben, dass die drei im Unterkiefer retinierten Zähne (beide Eckzähne und rechter Schneidezahn) ihr Wachstum vollendet hatten. VIRCHOW sagt selbst über den Fall: „Die Wurzeln sind ungemein kompakt und dick, ihre Spitze ist umgebogen und unvollkommen geteilt.“ VIRCHOW hat nun ferner geschlossen, dass durch die von ihm angenommene Retention der drei Zähne im Schipkakiefer eine kräftige Reizung in diesem Abschnitte des Knochens, nämlich insbesondere an der Basalfläche, erfolgt sei. Er erklärt letztere in der Folge als eine Hyperostose des Knochens. Die Röntgenaufnahmen zeigen nur das Fehlen einer solchen, speziell gerade in dem Bezirk der drei retinierten Zähne. Die Substantia compacta ist nicht dicker, die Lage der Spongiosa ebenso regelmässig, wie bei einem Kindskiefer im Alter von zehn Jahren. Nicht an jener Stelle des grossen Reizes also findet sich eine Hyperostose. Im Gegenteil, die ursprüngliche Substantia compacta an der Basalfläche unterhalb des Eckzahnes ist durch den wuchernden Pulpawulst sogar etwas zum Schwinden gebracht, wie man es auch sonst bei der ursprünglichen, tiefen Lagerung der unteren Eckzähne nicht selten findet.

Stärker ist nur die Substantia compacta beiderseits von der Symphyse im Bereich der beiden Gruben, welche als Insertionsstellen des M. digastricus dienen. Ich erkenne hier wieder die Wirkung dieses Muskels auf den Knochen, welcher auf der Stelle der vermehrten Beanspruchung mit einer Verdichtung der Spongiosa antwortet. Den erhaltenen Röntgenbildern gemäss kann man somit auch die von VIRCHOW angenommene Hyperostose des Schipkakiefers nicht als bestehend anerkennen. In seiner Abhandlung über den Schipka-Kiefer und den Kiefer von La Naulette hat VIRCHOW endlich als einzige genetische Übereinstimmung beider Kiefer die eigentümliche und „in dieser Vollständigkeit in der That unerhörte Entwickelung der Basalfläche“ zugegeben. Er findet diese Beschaffenheit aber nichts weniger als pithekoid und sieht sie als excessive Ausbildung eines an sich menschlichen Verhältnisses an.

VIRCHOW wirft die Frage auf, ob es nicht vielleicht möglich wäre, in den geschilderten Merkmalen einen Rassen-Charakter zu sehen. Jedoch sagt er sofort, dass in Bezug auf die Basalfläche kein dritter Unterkiefer in Frage komme. VIRCHOW kommt zu dem Schlusse, dass ein Grund deswegen auf Rassen-Eigentümlichkeiten

zurückzugehen, nicht vorläge. „Der Umstand, dass sich unter ähnlichen Verhältnissen an einem entfernten Orte noch ein zweiter Kiefer gefunden hat, der trotz kleiner Zähne und ohne Retention doch eine ähnliche Basalfläche hat, kann uns stutzig machen, aber er darf uns doch nicht ohne weiteres über das Bedenken hinwegführen, dass die Übereinstimmung beider Kiefer nur eine partielle ist, und dass ungleich mehr unterscheidende, als übereinstimmende Merkmale daran nachgewiesen sind."

Schon Schaaffhausen hat sich dahin ausgesprochen, dass die Virchow'sche Meinung, wonach die ungewöhnliche Anschwellung und Form des Mittelstückes vom Schipkakiefer durch die Retention von drei ungewöhnlich grossen Zähnen erklärt wird, den Umstand unterschätze, dass dieselbe ungewöhnliche Form auch da vorkommt, wo von einer solchen Retention gar keine Rede sein kann. „Das Zurücktreten des Kiefers unter Mangel des Kinns, sowie die hintere schiefe Fläche und das Fehlen der Spina mentalis interna sind viel seltenere Eigenschaften als die breite Basis mit starken Muskeleindrücken." Virchow hat sich endlich im Jahre 1886 (Zeitschrift für Ethnologie, Band 18) nochmals über den Schipkakiefer geäussert. Wenn man diesen Kiefer für den eines Kindes von 8—9 Jahren erkläre, so würde man mit zwingender Notwendigkeit folgern, dass das betreffende Kind ein Riesenkind gewesen sei. Aus dem Riesenkiefer müsse man auf den Riesenwuchs des Kindes überhaupt schliessen müssen. „Diese Schlussfolgerung hat etwas sehr Verführerisches, denn man gelangt dadurch zu der Möglichkeit, dass zur Mammutzeit in Mähren nicht nur dies eine Riesenkind, sondern vielleicht eine ganze Riesenfamilie, wenn nicht ein Riesenstamm, existiert habe." Virchow gesteht hier noch viel weniger zu, dass es, wie Schaaffhausen schon gesagt hatte, einfacher sei, einen kindlichen Kiefer von seltener Grösse anzuerkennen. Ein solcher Kiefer sei gleichfalls noch nie beobachtet worden; es wäre also ein kindlicher Kiefer nicht von seltener, sondern von unerhörter Grösse.

Das Beweismaterial, welches Virchow im wesentlichen aus der Betrachtung von Kiefern der heute lebenden Rassen entnimmt, und gegen die Schaaffhausen'sche Ansicht anführt, konnte bei der Verschiedenartigkeit der Objekte nicht entscheidend sein. Virchow meint, dass die Hypothese von Schaaffhausen höchstens nach Auffindung von neuem Material weiter verfolgt werden könne. Auch diese Diskussion schliesst Virchow mit dem Satze: „Der Schipkakiefer ist und bleibt also nur eine isolierte Erscheinung" und hält im übrigen an einem pathologischen Gebilde fest.

Herr Professor Maschka hatte nun die Güte, mir dieses neue wünschenswert erscheinende Material in Gestalt jenes nahezu vollständig erhaltenen Unterkiefers der Diluvial-Zeit zum Studium zu überlassen, welches bei Prédmost gefunden wurde.

Es wurden gleichzeitig die beiden Oberkieferbeine desselben Individuums im Löss von Prédmost aufgefunden. Die Kiefer stammen, wie ich später noch ausführlicher dar-



Fig. 39. Fig. 40.

Fig. 39. Unterkiefer von Prédmost mit beiden Oberkieferhälften in natürlicher Stellung und Grösse vereinigt. Vorderansicht.

Fig. 40. Ober- und Unterkiefer von Prédmost mit beiden Oberkieferhälften in natürlicher Stellung und Grösse vereinigt.
Rechte Seitenansicht (der Kieferast ein wenig vorgenommen).

legen werde, von einem circa 7jährigen Kinde, und da bisher noch keine nähere Beschreibung der äusseren Form dieser Kiefer gegeben wurde, bringe ich in den bei-



Fig. 41.
Unterkiefer von Prédmost. Rechte Seitenansicht. Natürliche Grösse.

stehenden Figuren die Abbildungen derselben in natürlicher Grösse. Der rechte Oberkiefer enthält den Milcheckzahn, die beiden Milch-Prämolaren und den ersten bleibenden Molaren. Die Milchzähne sind teilweise sehr stark abgenutzt, sodass das

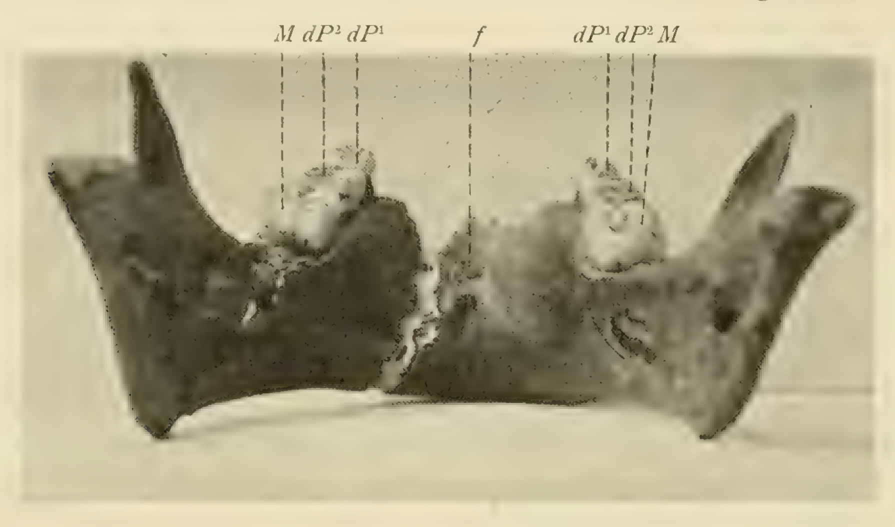


Fig. 42.
Unterkiefer von Prédmost, Rückseite, natürliche Grösse.
f die Insertionsgrube für den M. genioglossus mit einem grösseren Gefässloch und ringförmiger Umwallung.

Zahnbein an den Spitzen der Höcker frei liegt. Der erste bleibende Molar, wie alle übrigen Zähne von enormer Grösse, auf welche ich noch zurückkomme, zeigt dagegen gar keine Abnutzung der Spitzen; die Höcker sind sehr gross und stark ausge-

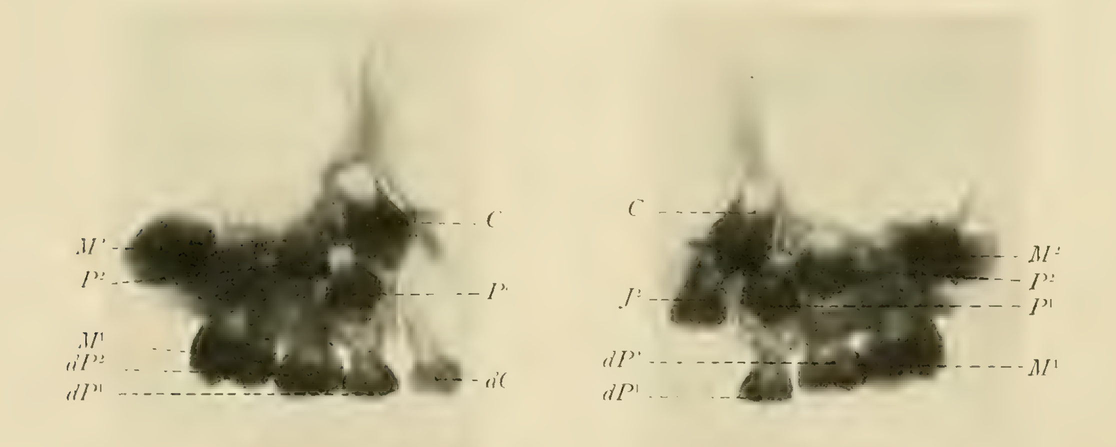


Fig. 43.
Die beiden Oberkieferhälften von Prédmost.
Die Röntgenaufnahme zeigt eine ganz normale Entwickelung der Zähne.

prägt, die Kauflächen derselben zeigen Neigung zur vermehrten Schmelzleistenbildung. Der zweite Molar, durch Abbrechen der Tuberositas freigelegt, hat noch keine Wurzelbildung. Der linke Oberkiefer zeigt nahezu dieselben Verhältnisse, nur fehlt der Milcheckzahn und ausserdem fehlen in beiden Oberkieferhälften sämtliche temporären und permanenten Schneidezähne samt dem dazu gehörigen Alveolarfortsatze, bis auf den linken permanenten kleinen Schneidezahn, welcher noch nicht durchgebrochen ist, aber nahezu die Höhe des übrigen Alveolarfortsatzes erreicht hat. Die beifolgenden Röntgenaufnahmen der beiden Oberkiefer beweisen eine sehr starke Abnutzung der Milchzähne. Der in dem einen Oberkiefer noch erhaltene Milcheckzahn ist bis auf die ursprüngliche Pulpahöhle abgenutzt. Ersatzdentin hat allerdings der Eröffnung des Weiteren vorgebeugt. Die im Kiefer noch verborgenen bleibenden Zähne haben eine enorme Kronen-Grösse.

Der Unterkiefer ist zwar ursprünglich in sechs Stücke zerbrochen, da jedoch kaum etwas von der Kieferbasis und den aufsteigenden Ästen verloren ging, so liess sich eine gute Vereinigung der Bruchstücke durchaus bewerkstelligen. Es fehlt nur ein Stück des Alveolarfortsatzes vom rechten zum linken Eckzahn samt den in ihm enthalten gewesenen Zähnen. Die Alveolen der Milcheckzähne sind nahezu ganz vorhanden. Die bleibenden Eckzähne liegen noch tief im Kieferkörper. Die Alveolen der vier bleibenden unteren Schneidezähne sind nur teilweise erhalten, am besten noch diejenige des linken seitlichen Schneidezahnes, welche auf grosse Dimensionen der Wurzeln und auf eine Rückwärtsbiegung der Wurzeln, wie beim Kiefer von La Naulette und der Schipkahöhle hindeutet. Wie bei diesem erscheint auch die Wurzel der Schneidezähne seitlich zusammengedrückt. Ihr Durchmesser von der labialen nach der lingualen Seite muss gross, der seitliche dagegen schmal gewesen sein.

Es finden sich aber noch weit wichtigere Ähnlichkeiten dieses jugendlichen Kiefers von Předmost mit demjenigen aus der Schipka-Höhle. Die Höhe des Vorderstückes beträgt mindestens 35—36 mm. Sie ist in diesem Falle trotz der fehlenden Schneidezähne leicht zu bestimmen durch die vorhandene Kauflächenebene der Backzähne. Die Höhe des Kiefers in der Medianlinie ohne die Kronenhöhe der Zähne muss auf wenigstens 26 mm angenommen werden, da sie an der Rückfläche in der Gegend des rechten Milcheckzahnes, wo dieselbe ganz erhalten ist, eine Alveolenhöhe von 29 mm zeigt. Der Kiefer ist in allen übrigen Teilen für ein Individuum, dessen erster Molar soeben vollendet ist, sehr stark entwickelt. Die Höhe der aufsteigenden Äste beträgt 50 mm. vom äusseren Kieferwinkel zur Spitze des Processus coronoideus und Processus condyloideus gerechnet. Die Breite des aufsteigenden Astes ist zum

mindesten 31 mm. Die Linea obliqua interna und externa sind stark entwickelt. Das sind wieder ganz gewaltige, für die heutige Zeit „unerhörte" Verhältnisse in einem solchen kindlichen Kiefer und nur mit dem älteren Schipkakiefer zu vergleichen.

Das Foramen mentale externum liegt im Prédmoster Unterkieter verhältnismässig hoch über der Basis zwischen ersten und zweiten Milch-Prämolaren. Die Zähne des Kiefers verhalten sich in Bezug auf Grösse und Abschleifung, wie ich es schon beim Oberkiefer erwähnt habe. Der Alveolarfortsatz ist entsprechend kräftig entwickelt.



Fig. 44.
Unterkiefer von Prédmost, Basalfläche, natürliche Grösse.
Die Aufnahme zeigt die grosse Kieferdicke und die starken Ansatzgruben des M. digastricus bei *d, d'*.

Von höchster Bedeutung ist nun der vordere Unterkiefer. Die labiale Fläche desselben zeigt eine geringe aber deutliche Kinnbildung in Form eines dreieckigen Vorsprunges. Sie unterscheidet sich weniger von den Kieferbildungen der heutigen Menschen, als der kinnlose Schipkakiefer. Dagegen entsprechen Rückseite und grösstenteils auch die Basalfläche dieses Kiefers dem Schipkakiefer vollständig. In der Mittellinie ist der Kiefer von Prédmost beinahe ebenso dick wie der Schipkakiefer und der Kiefer von La Naulette. Seine Dicke erreicht in der Medianlinie nämlich 14 mm. Seitlich von der Medianlinie befinden sich zwei

sehr starke Gruben für die M. digastrici. Sie sind allerdings nicht ganz so scharf ausgeprägt wie beim Schipkakiefer, haben jedoch eine beträchtliche Breite und geben der Basalfläche an der Medianlinie einen gewissen, abweichenden Charakter, genau wie beim Schipkakiefer. In ihrer vollen Breite erstreckt sich die Basalfläche des Schipkakiefers allerdings noch weiter nach hinten als bei demjenigen von Prédmost. Im Schipkakiefer ist offenbar der sich schon stärker, speziell im äusseren Wurzelumfang entwickelnde mächtige Eckzahn daran schuld, dass sich die Basalfläche in seiner Umgebung sogar auf 15 mm verbreitert. Beim Unterkiefer von Prédmost hat dagegen die Wurzelbildung des Eckzahnes noch nicht einmal begonnen. Immerhin macht sich auch hier sein Einfluss schon geltend. Die Basalfläche wird wieder etwas stärker und zwar etwa um einen mm gegenüber demjenigen Abschnitte der Basalfläche, welche unter dem seitlichen Schneidezahne liegt. Hier beträgt sie 10 mm. Weiter nach hinten geht der Kiefer von Prédmost an der Basalfläche in einen Rand über, wie er sich auch bei den heutigen menschlichen Kiefern findet. Also auch an diesem Kiefer ist an seinem vorderen Abschnitt eine wirkliche Basalfläche mit zwei Rändern vorhanden, welche Virchow beim Schipkakiefer als „eine ganz anormale Bildung" ansieht. Zwischen den M. digastrici liegt beim Schipkakiefer in der Medianlinie eine ziemlich stark ausgeprägte Leiste, welche sich in halber Höhe zwischen Basalfläche und Foramen Y artig teilt (siehe Fig. 33 und 34) Im Kiefer von Prédmost ist dieselbe weniger stark vorhanden und zunächst mehr als Hügel erkennbar. Von diesem zieht sich in der Medianlinie auf der Rückseite, wie beim Schipkakiefer, wiederum ein feines Leistchen hin, welches sich sogar bis zu der noch näher zu besprechenden Grube erstreckt. Seitlich von der in der Medianlinie befindlichen Leiste liegen im Schipkakiefer nach Virchow höchst geringfügige Unebenheiten, welche Schaaffhausen als starke Rauhigkeiten bezeichnet. Virchow glaubt, dass dieselben den Ansätzen der Genioglossi entsprächen. Ich finde sie zwar mit Virchow nicht stark im Schipkakiefer ausgebildet. Sie liegen ungefähr in halber Höhe zwischen Basalfläche und der Grube. Ähnliche kleine dreieckige Flächenbildungen, offenbar noch der Typus des jugendlichern Prédmosterkiefers, sind, wie schon früher erwähnt, auch an diesem nicht die Ansätze des M. genioglossus, sondern diejenigen des M. geniohyoideus. Dieser Muskel war im Schipkakiefer verhältnismässig stärker entwickelt und deshalb finden wir schon geringe Rauhigkeiten an der Insertionsstelle.

Die Ansatzstelle für den M. genioglossus ist jene Grube selbst, welche diesen beiden Kiefern eigen ist, respektive die Ränder derselben, an welchen die Sehnenbündel inserieren. Beim Prédmosterkiefer zeigt die ovale Grube sogar

ringsherum eine deutliche Umwallung (siehe Fig. 42). Der Schipkakiefer hat, wie die Fig. 33 lehrt, auch oberhalb der Grube links und rechts am Rande Rauhigkeiten für die Insertion des M. genioglossus.

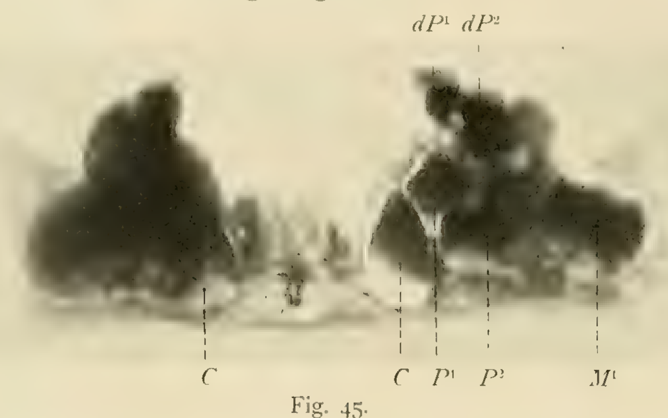


Fig. 45.
Unterkiefer von Prédmost. Röntgenaufnahme des vorderen Teiles, Vorderansicht. Gewaltige Entwickelung der Eckzähne und das Trajektorium des M. genioglossus zeigend. Ein Trajektorium des M. digastricus ist nur wenig angedeutet.

Das Foramen inmitten der Grube war somit auch der ungefähre Mittelpunkt für die Insertionsgrube des M. genioglossus. Die oben erwähnte Leiste in der Medianlinie umschliesst nach ihrer Y artigen Teilung mit den beiden Schenkeln teilweise diese Grube. Die Schenkel verlaufen in die unteren Insertionsstellen des M. genioglossus.



Fig. 46.
Unterkiefer von Prédmost. Röntgenaufnahme von der Rückseite mit Film.
C, C sind die bleibenden Eckzähne, *t* das Trajektorium des Genioglossus.

Schon SCHAAFFHAUSEN hatte nach jener Beschreibung des Unterkiefers von La Naulette, welche von ALBRECHT und DOLLO herrührt (siehe Seite 275) keinen Unterschied dieses Kiefers von dem Schipkakiefer in Bezug auf die Formation der Rückfläche konstatiert. Auf den Unterkiefer von Prédmost passt jene Beschreibung des Kiefers von La Naulette wörtlich. Beim Kiefer von Prédmost ist die von der Grube zur Basalfläche ziehende Leiste in der Medianlinie unter der Grube schärfer ausgeprägt wie beim Schipkakiefer, bei welchem die Grube auch unten zunächst in eine Gefässrinne und dann erst in eine Leiste übergeht. Im übrigen haben die Gruben im Schipkakiefer und demjenigen von Prédmost nahezu gleiche Grösse, das eintretende Gefäss scheint beim letzteren allerdings stärker gewesen zu sein.

Auffallend könnte es bei einer Vergleichung der beiden Kiefer erscheinen, dass die Grube mit dem Gefässloch beim Prédmoster Kiefer näher dem Basalrande liegt,

als beim Schipkakiefer. Über diese Verschiedenheit klärte aber die Aufnahme der Kiefer von der Vorder- und Rückseite mit Röntgenstrahlen sofort auf. Dem Kiefer von Prédmost fehlt infolge seines jüngeren Alters noch grösstenteils die Entwickelung der Substantia compacta des Basalteiles. Das Alter des Individuums, welches diesen Kiefer besass, ist nach dem Stande der Zahnentwickelung auf 7 Jahre zu schätzen. Im Alter zwischen 7 und 10 Jahren findet auch bei dem heutigen Menschen, wohl nach dem Durchbruch und stärkerem Gebrauche der permanenten Schneidezähne, eine starke Vermehrung der Spongiosa und Compacta im Basalteile durch die grössere Beanspruchung statt. Die noch später zu besprechende gewaltige Grösse aller Zähne in dem Prédmoster Kiefer, welche die beigegebenen Röntgenaufnahmen deutlich illustrieren, stehen dennoch im Verhältnis zu der enormen Grösse des Knochens. Eine excessive oder pathologische Bildung in der Lage der Zähne ist auch in diesem Kiefer durchaus nicht vorhanden, gerade so wie der Knochen keine pathologischen Erscheinungen irgend welcher Art aufweist. Alle Unterschiede liegen nur in dem verschiedenen Alter der beiden Individuen, welchen diese Kiefer angehörten.

Während der Drucklegung der vorliegenden Arbeit erhielt ich durch die Güte des Herrn Professor Dr. Kramberger in Agram Gelegenheit, diluviale menschliche Kieferfragmente, welche am Berge „Husnajakowo“ in Krapina gefunden wurden, zu untersuchen. Eine kurze Beschreibung des Unterkiefers, welche Herr Professor Kramberger in seiner Abhandlung „Der Paläolithische Mensch und seine Zeitgenossen aus dem Diluvium von Krapina in Kroatien“ gegeben hat, möchte ich hier wörtlich folgen lassen.

„Das Kieferstück stellt die Partie von der Symphysis bis zur zerbrochenen Alveole des zweiten Molaris vor. Von den Zähnen sehen wir eine zusammenhängende Reihe, und zwar vom zweiten J bis zum zweiten M, im ganzen also fünf Zähne. Dieselben sind nur mässig abgekaut und kräftig und dürften etwa einem Individuum von etwa 30 Jahren angehört haben. Die Höhe des Unterkiefers fällt nach rückwärts zu ab; vorne und zwar gleich hinter dem zweiten J. gleicht sie 30,5 mm (gemessen von innen, weil der äussere Alveolenrand nicht ganz ist); beim 1. M aber beträgt dieselbe 27,2 mm. Die grösste Dicke der Mandibula beträgt vorne 13,6 mm, hinten 14,5 mm.

Das Kieferstück besitzt kein Kinn, sondern ist etwas nach vorne gezogen, so zwar, dass die Symphysis mit der Basis des Kiefers einen Winkel von circa 94,6° einschliesst (gemessen mit dem Törökschen Goniometer).

Falls wir uns über die Zahnreihe eine Ebene gelegt denken, so tangiert dieselbe bloss die zwei entstehenden Zähne, nämlich den I_2 und M_1; die Zahnreihe ist nämlich leicht konkav.

An der äusseren Kieferseite ist besonders bemerkenswert das Foramen mentale, und zwar nicht nur wegen seiner Grösse, sondern insbesondere seiner Lage halber. Dasselbe liegt nämlich 3—4 cm hinter der Symphyse oder unter dem 1. M. An der

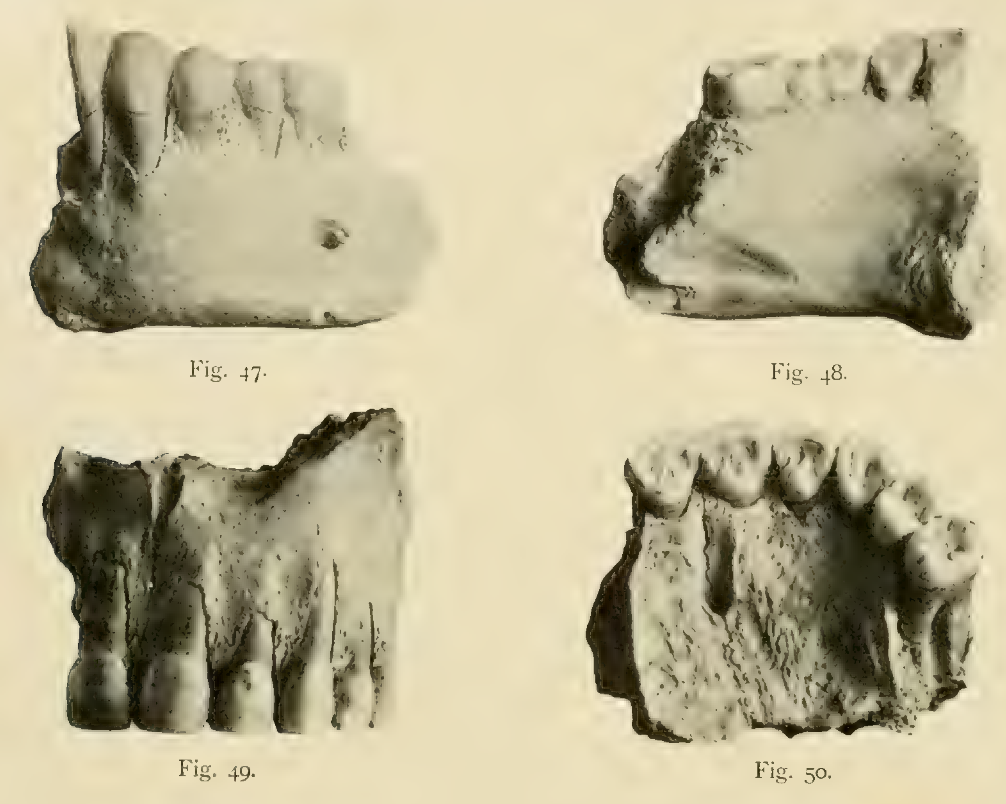


Fig. 47. Fig. 48.

Fig. 49. Fig. 50.

Fig. 47. Unterkiefer von Krapina. Labiale Seite.
Fig. 48. Unterkiefer von Krapina. Linguale Seite.
Fig. 49. Oberkiefer von Krapina. Labiale Seite.
Fig. 50. Oberkiefer von Krapina. Palatinale Seite.

inneren Kieferseite wäre hervorzuheben die tiefe, scharf eingeprägte Fovea submaxilaris, welche nahe dem unteren Kieferrand liegt und sich nach vorne verschmälernd bis zum 2. P. hinzieht. Die Spina mentalis fehlt; an ihre Stelle sind bloss starke Rauhheiten für den Musculus genioglossus und Musculus geniohyoideus und eine Gefässöffnung. Ferner wäre zu erwähnen die sehr flache Fovea sublingualis, die markante Fossa digastrica und neben ihr (nach aussen) ein scharfer Kiel, welcher sich nach rückwärts zu verliert."

Ich schliesse an diese Beschreibung des Unterkiefers noch einige Bemerkungen an, welche bei der Erörterung der diluvialen Kiefer für die vorliegende Arbeit in Betracht kommen. An der Innenseite ist für den Ansatz des M. genioglossus dieselbe starke Grubenbildung mit einem grösseren Foramen vorhanden, wie bei den soeben besprochenen diluvialen Kiefern. Wiederum teilt sich eine Knochenleiste unter dieser Grube Yartig und reicht mit den Schenkeln bis in letztere hinein. Verhältnismässig stark sind die Ansätze der M. geniohyoidei entwickelt, welche seitlich von der Vereinigungsstelle jener Schenkel Erhabenheiten in Form kleiner Knochenkämme aufweisen. Am Fusse nahe den Insertionsgruben der M. digastrici bildet die Knochenleiste wie beim Prédmosterkiefer einen kleinen Hügel. Der ganze Basalteil ist besonders kräftig angelegt, und die Dicke des Knochenstückes hier eine ganz bedeutende.

Beide Kiefer haben in Bezug auf die Gestaltung der Rückfläche und der Basis des Vorderkiefers, sowie auf die Grössenverhältnisse und die Zahnbildung ganz ausserordentlich ähnliche Eigenschaften. Diese können meines Erachtens nur darauf hindeuten, dass die vorliegenden Kieferformen eine typische Gestalt des menschlichen Unterkiefers in der Diluvialzeit sind, da alle Befunde an demselben auf durchaus physiologischer Basis beruhen.

Die vordere und hintere Kieferplatte des Unterkiefers von Krapina bilden in ihrer äusseren Form überhaupt eine Mittelform zwischen dem Prédmoster- und dem Schipkakiefer. Dieser hat überhaupt kein Kinn, jener eine allerdings ganz geringe Andeutung eines solchen in Form einer schwachen, kaum sichtbaren ovalen Vorwölbung des Knochens auf der vorderen Kieferplatte. Das Kinn des Kiefers von Prédmost ist jedenfalls ausgeprägter als beim Krapinakiefer und als eigentliches, wenn auch kleines Kinn zu bezeichnen.

Die stark entwickelten Zähne haben wie alle diese Kiefer nach rückwärts gekrümmte Wurzeln. Die hintere Kieferplatte zeigt deshalb einen gewissen Zungenwulst, oberhalb der allen diesen Kiefern eigentümlichen Grube. Der Kiefer von Krapina war jedenfalls stark prognath, und zwar zeigt er eine echte Kieferprognathie. Die Grube für den Ansatz der Genioglossus entspricht an Grösse etwa derjenigen am Prédmoster Kiefer. Die Insertionsstellen der M. digastrici sind beim Krapinakiefer schwächer ausgeprägt als beim Schipkakiefer. Der Krapinakiefer ähnelt in dem Basalteile, besonders in der Basalfläche, überhaupt mehr dem Prédmoster Kiefer. Auch beim Krapinakiefer liegen die Insertionsstellen der M. digastrici schon schräg zu den beiden Kieferplatten. Auffallend ist die Leistenbildung, welche unterhalb des ersten Molaren sehr steil abfallend zwischen ihm und dem zweiten Prämolaren die Basis erreicht. Die Leiste begrenzt sehr scharf die darunter liegende Fovea submaxillaris. Ich schilderte bei der äusseren Kiefer-



form des Menschen, dass sich die Linea obliqua interna teilt, und teils zum Vorderkiefer, teils zur Basis unterhalb des ersten Molaren verläuft. Letzteres ist hier der Fall, der obere Zweig bildet bei den grossen Anthropomorphen und den diluvialen Kiefern den Lingualwulst. Der vordere Basalteil ist ebenso stark entwickelt wie beim Schipkakiefer, nur die Basalfläche ist nicht so breit infolge der Schrägstellung der M. digastrici. An den Zähnen des Krapinakiefers tritt neben ihrer Grösse die Neigung zu vermehrter Cuspidation und vermehrter Schmelzfaltenbildung noch mehr hervor als beim Prédmoster Kiefer. Ich komme darauf noch zurück. Hervorzuheben ist noch, dass vom Professor KRAMBERGER sehr grosse Processus condyloidei, wenn auch leider von dem soeben besprochenen Kiefer getrennt, aufgefunden wurden. Wir können daraus wiederum die Thatsache erkennen, dass kräftig entwickelte Kiefer auch immer stärkere Gelenkköpfe besitzen.

Neben diesen äusseren Formen musste beim Krapinakiefer auch die innere Struktur in Betracht gezogen werden. Die Röntgenaufnahmen ergaben, dass die Knochenbälkchen in diesem Kiefer von einer ganz bedeutenden Dichtigkeit und Stärke sind. Das ist zu verstehen, wenn man bedenkt, dass dieser Kiefer im Gegensatz zu den kindlichen Schipka- und Prédmoster Kiefern von einem Erwachsenen herrührt, welcher schon auf der Höhe seiner funktionellen Leistung stand.

Beim Vergleich von Fig. 15 und Fig. 20 mit den Röntgenbildern Fig. 56 wird man finden, dass die ganze Konfiguration des Knochengewebes und der Zahnwurzeln beim Krapinakiefer weit mehr z. B. demjenigen des weiblichen Orangutans ähnelt als der Kieferstruktur des heutigen civilisierten Menschen. Selbst die strebenartigen Bälkchen unter den Wurzelspitzen des zweiten Prämolaren und des ersten Molaren sind vorhanden. Man beachte vor allen Dingen die starke Krümmung der mächtigen Wurzeln nach hinten, ein deutlicher Beweis, dass auch hier nahe der neutralen Axe ein starker Rückstoss nach dem Gelenk zu gewirkt hat, welcher die Wurzelentwickelung in ihrer Richtung stark beeinflusste.

Der zweite obere Prämolar hat im Krapinakiefer zwei Wurzeln. Die Wurzelkanäle aller Zähne sind noch sehr weit. Da die Abnutzung der Kronen noch nicht stark vorgeschritten ist, so glaube ich berechtigt zu sein, das Alter des Individuums, welchem jener Kiefer angehört hat, auf ca. 16—18 Jahre zu schätzen.

Auch der Kiefer von Krapina passt sich nach den geschilderten Eigenschaften dem Typus der schon früher bekannt gewordenen diluvialen Kiefer vollkommen an.

Zwischen dem Schipkakiefer und demjenigen von Prédmost steht, wie der Kiefer von Krapina, als verbindendes Glied der mir allerdings leider nur aus Abbildungen und einem Gipsabguss bekannte Kiefer von La Naulette. Die Formation der hinteren

Vorderkieferplatte deckt sich in Bezug auf die Grubenbildung mit jenen dreien. Die Basalfläche ist auch bei dem Kiefer von La Naulette eine gewaltige und zeigt sehr starke Insertionsgruben für die M. digastrici. Nach Virchow selbst liegen die letzteren jedoch „mehr schräg, indem der vordere Rand der Basalfläche tiefer herabtritt, der hintere dagegen früher endigt als beim Schipkakiefer." Dasselbe Verhalten der Basalfläche zeigt jener Kiefer von Prédmost, und wenn von diesem feststeht, dass es der normale ausgebildete Kiefer eines 7—8jährigen Kindes ist, kann man mit Recht annehmen, dass der Prédmoster Kiefer in einem Alter, wo das betreffende Individuum erwachsen gewesen wäre, wie beim Kiefer von La Naulette, sich wohl zu einer ähnlichen Mächtigkeit entwickelt haben würde. Virchow glaubt aus dem verschiedenen Verhalten der Basal- und Vorderfläche vom Schipkakiefer und demjenigen von La Naulette wichtige Unterschiede machen zu dürfen.

Ich muss Virchows Meinung gegenüber Schaaffhausen beitreten, wenn ersterer den Schipkakiefer für den mehr abweichenden hält. Virchow erklärt aber auch den Kiefer von La Naulette für stärker prognath, die Zahnstellung des Schipkakiefers „zum mindesten für orthognath." Leider wurde hier gar nicht zwischen einer allgemeinen Kieferprognathie und einer Zahnprognathie, welche immer mit einer Alveolarprognathie gemeinsam einhergeht, unterschieden. Erstere ist für alle Primaten mit Ausnahme des heutigen Menschen typisch, Zahn- und Alveolarprognathie bei letzterem nur individuell oder höchstens generell. Zahnstellung und Kieferkörper brauchen beim Menschen jedoch durchaus nicht gleichgerichtet zu sein. Wenn Virchow mit obiger Erklärung den Kiefer von La Naulette für stärker prognath als den Schipkakiefer hält, weil die Zahnstellung des letzteren orthognath sei, so trifft diese Annahme als solche für das vordere Kieferstück allein betrachtet wohl zu. Letztere ist dagegen absolut unmassgeblich für die Stellung des Vorderkiefers zu den übrigen Kieferteilen und zu ihrer allgemeinen Konfiguration der Schädelknochen überhaupt. Die Kieferprognathie des Schipkakiefers war entschieden grösser als bei sämtlichen bekannten diluvialen Kiefern. Für meine Ansicht spricht die Stellung der Zähne, ihre Wurzelkrümmung und ihre Abnutzung, vor allen Dingen aber die Stellung der Insertionsgruben der M. digastrici, indem dieselben besonders beim Schipkakiefer zu den beiden Kieferplatten rechtwinkelig liegen und dadurch im wesentlichen die breite Basalfläche erzeugen. Der Schipkakiefer musste sogar sehr stark prognath werden, sonst ist man gezwungen, eine vollständig andere topographische Lage des M. digastricus, ja eine ganz andere Kopfstellung als beim heutigen Menschen gegenüber der Diluvialzeit anzunehmen. Durch die Kieferprognathie war auch die Stellung der Zähne im Schipkakiefer prognath, obgleich

sie zum Vorderkiefer als solchem orthognath stehen. Mit demselben Rechte könnte man dann auch die Zähne aller übrigen Primaten als orthognath bezeichnen.

Leider werden die Begriffe über „Orthognathie und Prognathie" sehr verschieden angewendet. Wurde doch erst neuerdings von Klaatsch ausgesprochen, dass auch der Kiefer von La Naulette orthognath sei. Es wird nun aber niemand leugnen, dass die Stellung der Schneidezähne samt dem zugehörigen Alveolarfortsatz zur Basalfläche aller diluvialen Kiefer eine stumpfwinkelige ist. Eine Zahn-Prognathie konnte sich bei diesen Kiefern infolge der allgemeinen Kieferprognathie gar nicht zu nennenswerter Grösse entwickeln. Eine solche Unterscheidung des Allgemeinbegriffes Prognathie in Kiefer- und Zahnprognathie sollte in Zukunft immer durchgeführt werden.

Allerdings sind auch die diluvialen Kiefer in Bezug auf die Grösse des Zahnprognathismus bei dem ganz verschiedenen Alter nicht absolut zu vergleichen. Selbst beim heutigen Menschen sehen wir häufig eine Prognathie der Zähne und des Alveolarfortsatzes, welche z. B. im Alter von etwa 9 Jahren eben beginnt, nach wenigen Jahren zu einer ganz bedeutenden werden. Konnte nicht beim Kiefer von Prédmost und der Schipkahöhle der Kiefer-Prognathismus mit der Entwickelung der gewaltigen Zähne und dem starken Gebrauch derselben und der Beanspruchung ebenso gut noch zunehmen? Eine solche Frage kann man nach den Erfahrungen der zahnärztlichen Praxis nur bejahend beantworten.

Die funktionelle Gestaltung des Kinnes sowie der Spina mentalis interna und ihre Form-Variationen.

Schon Linné gründete bei der Erörterung seines Systems der Einteilung der Primaten die Trennung von Homo sapiens und Homo silvestris teilweise auf das Vorhandensein des Kinnes beim recenten Menschen.

Es hat im vorigen Jahrhundert nicht an Versuchen gefehlt, die Bildung des Kinns zu erklären und es stehen sich bisher zwei Ansichten gegenüber.

Hauptsächlich hat man zur Entstehung des Kinns mimische Faktoren herangezogen. Der M. triangularis und Quadratus menti, auf deren starke Thätigkeit bei den Anthropomorphen Darwin besonders aufmerksam gemacht hat, können aber gerade aus diesem Grunde bei der Kinnbildung des Menschen nicht in Betracht kommen, weil die Muskeln bei ihnen schwach sind. Bei den Affen finden wir im Gegenteil an der vorderen Kieferplatte weder einen Vorsprung, noch eine Grube für diese entscheidenden Muskeln.

Topinard hat in seiner grösseren Abhandlung über den Kiefer von La Naulette 1886 die Entstehung des Kinnes in anderer Weise geschildert. Nach Topinard haben sehr hohe Kiefer ein niedriges, niedrige Kiefer ein verhältnismässig hohes Kinn. Aber dieser Autor erklärt darauf sogleich, dass „eine Kinnmessung in der That unmöglich ist“. Topinard hat, da auch die Gegenwart der Schneidezähne für eine solche hindernd im Wege steht, an zahnlosen Kiefern den Kinnwinkel gemessen. Dieser ist durch eine Linie bestimmt, welche, von Topinard als Linea alveolo-mentalis bezeichnet, einen bestimmbaren Winkel zur vorderen Ebene des Unterkieferrandes bildet. Seine Messungen ergaben, dass der Winkel z. B. bei Neukaledoniern 84^0, bei Afrikanegern 82^0, bei Europäern aber bloss 71^0 betrug und Topinard hält diese Zähne für absolut klassenbestimmend. Als Maxima werden Kiefer aus Australien mit Kinnwinkel von 93^0, also über einem Rechten bestimmt. Für den Kiefer von La Naulette fand Topinard den Kinnwinkel an der Symphyse sogar von 94^0 Grösse. Messungen an den Unterkiefern

der Anthropomorphen in dieser Weise ausgeführt, würden, wie Topinard sehr richtig bemerkt, nicht unter denselben Bedingungen möglich sein, weil jene überhaupt kein Kinn haben. Topinard giebt deshalb in einer Abhandlung von den Anthropomorphen und dem Menschen nur eine Anzahl von Kieferdurchschnitten, welche die Symphyse betreffen, legt aber hohen Wert darauf, dass die Alveolen der Schneidezähne des Kiefers von La Naulette vertikal, also orthognath seien. Wenn sie prognath gewesen wären, wie z. B. australische Kiefer, so hätte der Winkel 100° erreichen können. Dieser Kiefer sei damit einzig in seiner Art.

Auch diese Annahme Topinards muss stark mit dem Bestehen einer etwaigen Aleolarprognathie rechnen, welcher nachgewiesenermassen derjenigen der Zähne unbedingt folgt. Einer Zahnprognathie bedurften jedoch die menschlichen Kiefer der Diluvialzeit für ihre Funktion meines Erachtens durchaus nicht. Bei ihnen konnten die Zähne, zumal diese nach rückwärts gekrümmte Wurzeln aufweisen, orthognath zum Kieferkörper sein, denn schon der letztere hat ja eine Prognathie. Das trifft auch für den Kiefer von La Naulette zu. Für den Kauakt ist ja die Anordnung der Zähne, des Alveolarfortsatzes, des Kieferkörpers und des Basalteiles in eine Ebene, wie sie bei den Kiefern der Anthropomorphen und den diluvialen menschlichen Kiefern vorhanden ist, weit vorteilhafter, wie beim heutigen Menschen. Diese Ebene stellt günstigsten Falls den Abschnitt eines Kreises dar, dessen Mittelpunkt das Kiefergelenk bildet. Bei sämtlichen übrigen Primaten, mit Ausnahme des Menschen, sehen wir diesen Bogen für die Funktion des Kauaktes möglichst inne gehalten. Sicherlich wird selbst das Wurzelwachstum besonders der Vorderzähne dadurch beeinflusst. Die Wurzeln krümmen sich nach hinten, wenn die Beanspruchung des Kiefers allein für den Kauakt erfolgt. Jede Abweichung von dieser Anordnung der konstruktiven Teile und ihrer Stellung zu einander musste grosse Veränderungen der äusseren Kiefer-Form verursachen.

Topinard bezeichnet in seiner Abhandlung den Kiefer von La Naulette als eine Art von Übergangsform des Kinnes des Menschen auf den Affen. Dennoch sei derselbe vollständig menschlich und die geringe Entwickelung des Kinns erkläre den Winkel von 94°. Das unterscheidende Merkmal vom Affen sei der Umstand, dass die vordere Fläche des Kiefers nicht um ein Bedeutendes sich zurück biege. Alles beschränke sich beinahe auf eine Verringerung des Kiefervorsprunges. Immerhin nimmt Topinard für diesen Kiefer die Bezeichnung „affenähnlich“ an.

Die alleinigen Betrachtungen der äusseren Form des Vorderkiefers, wie sie Topinard zwar mit der grössten Sorgfalt anstellte, führten dennoch nicht zu einer ausreichenden Erklärung für die allmähliche Entstehung des Kinns im Laufe

der Diluvialzeit und für das stärkere Hervortreten desselben beim heutigen Menschen. Gemäss den für die vorliegende Arbeit zu berücksichtigenden Grundgesetzen der Entwickelungsmechanik ist nun die Wirkung jener Trajektorien des Vorderkiefers beim Menschen und den Affen zu erläutern. Zunächst ist es die Stellung des M. digastricus zu der Kieferbasis, welche die äussere Form jenes Vorsprunges, welchen wir als Kinn bezeichnen, hervorrufen könnte. Eine Insertion dieses Muskels als Basalfläche möglichst rechtwinklig zu beiden Kieferplatten kann natürlich keine Vorwölbung des Kiefers nach innen oder aussen, also auch keine Kinnbildung hervorrufen. Der M. digastricus, wenn auch noch so stark funktionierend, wird in diesem Falle zwar die Dicke des Basalteiles stark beeinflussen können und ich nehme in der That für die diluvialen Kiefer, insbesondere für denjenigen aus der Schipkahöhle eine solche Wirkung, welche sich in der Verbreiterung des Basalteiles äussert, an. Die Compacta der Kieferplatte übernimmt aber dann im wesentlichen die Beanspruchung auf Zug, und es findet eine nur sehr geringe Trajektorienbildung in der Längsaxe der Schneidezähne ohne äussere Formveränderung statt. Je mehr sich die Insertionsstelle von ihrer rechtwinkligen Stellung zu beiden Kieferplatten entfernt, und sich in schräger Richtung der hinteren Kieferplatte anpasst, um so weniger wird der M. digastricus zur Entwickelung einer starken Basalfläche beitragen, um so mehr aber kann es zur Kinnbildung kommen, wenn die Muskelfunktion gleich kräftig bleibt. Wir finden demgemäss die Ausbildung eines stärkeren Trajektoriums in der Spongiosa des Knochens, während bei einer rechtwinkligen Stellung der Insertionsgruben zu beiden Kieferplatten letztere schon genügende Zugkraft zu vermitteln vermögen. In diesem Falle wird die Spongiosa des Kieferkörpers bedeutend entlastet und zeigt ein dünnes, weitmaschiges Balkensystem. Nicht ausser Acht zu lassen ist aber, dass bei der Schrägstellung der Insertionsgruben des M. digastricus das Trajektorium des letzteren mit dem noch ausführlich zu besprechenden Trajektorium des M. genioglossus sich nicht mehr rechtwinklig, sondern spitzwinklig kreuzt. Da beides Zugmuskeln sind, so treten gegenseitig scherende Kräfte auf, welche eine Verstärkung des Berührungspunktes beider Trajektorien bedingen. So erklärt sich die grosse Entwickelung der Basalfläche und die geringe Kinnausbildung bei den diluvialen Kiefern nach den Gesetzen der Entwickelungsmechanik sehr einfach. Der Schipkakiefer zeigt entsprechend der rechtwinkligen Lage der Insertionsgruben für den M. digastricus zu beiden Kieferplatten überhaupt keine Kinnbildung und stärkste Basalflächenentwickelung. Am Kiefer von La Naulette ist obigen Gedanken entsprechend schon eine Andeutung von Kinnbildung vorhanden und die Basalfläche, selbst für einen Erwachsenen, sehr stark;

am Prédmosterkiefer tritt jene noch etwas mehr hervor und die Basalfläche in Bezug auf Breite zurück. Bei einer Vorwölbung des Knochens dürfen die wirkenden Kräfte natürlich nicht in einer einzigen Kraftebene verteilt sein. Schliesst sich selbst bei einer Schrägstellung des M. digastricus der Kieferkörper in einer wahren Kieferprognathie ersterem an, so kann die Kinnbildung auch eine nur sehr geringe werden. Beim jungen Gorilla fand SELENKA wenigstens eine Andeutung des Kinnes wahrscheinlich infolge der noch geringen Thätigkeit des M. digastricus. Mit zunehmendem Alter verschwindet dasselbe bei dem zunehmenden Prognathismus der Zähne und des Kieferkörpers sowie der fortschreitenden Entwickelung des Basalteiles nach rückwärts. Beim Orang-utan und den meisten übrigen Affen liegen Zähne, Kieferkörper und Basalteil in einer Kraftebene. Hier kann keine Kinnbildung entstehen. Eine orthognathe Stellung der Zähne bei dem heutigen Menschen muss die Kinnbildung dagegen stark begünstigen, weil Schrägstellung des M. digastricus auch zum Kieferkörper vorhanden ist. Die Basalfläche muss allerdings dabei zu einem einfachen Rande werden. Aber auch die besprochene Schrägstellung des M. digastricus kann zur Entstehung des Kinns beim Menschen nicht als allein bestimmend erachtet werden. Das gleichzeitig beim Menschen vorhandene Trajektorium des M. genioglossus ist augenscheinlich ein noch wichtigerer Faktor.

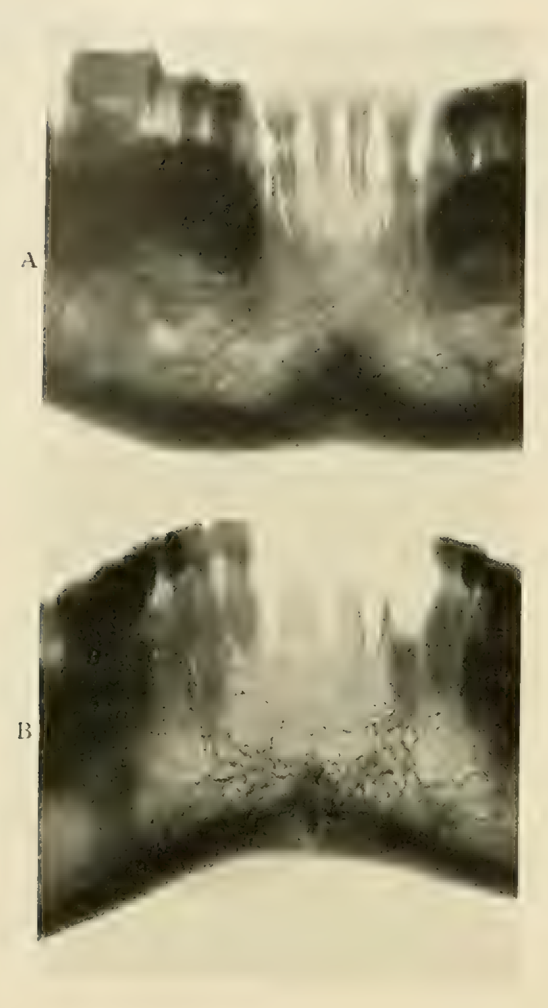


Fig. 51.
Vordere Unterkiefer vom Menschen. A Starke, B geringe Trajektorienbildung des M. genioglossus und des M. digastricus. Bei A auch seitlich vorspringendes hohes Kinn, bei B ist dasselbe flacher, die Ausbildung des Trajektoriums des M. genioglossus stark, des Trajektoriums des M. digastricus sehr gering.

Röntgenaufnahmen menschlicher Vorderkiefer mit starkem Kinn zeigen eine sehr grosse Verschiedenheit der Dichtigkeit der Spongiosa in dem Basalteile des Vorderkiefers. Immer spricht dabei nach den gewonnenen Bildern die Ausbildung der Trajektorien jener beiden Muskeln bedeutend mit. Obgleich eine

grosse Stärke beider Muskeltrajektorien für die Kinnbildung die günstigste Vorbedingung ist (siehe Fig. 51 A), so kann der Einfluss des M. digastricus auf die allgemeine Spongiosa des Kiefers ein ziemlich geringer sein. (S. Fig. 51 B.) Die Querschnitte dieser beiden Kiefer gebe ich von A in Fig. 34, von B in Fig. 52. In Fig. 52 ist das Trajektorium des M. digastricus sehr gering. Auch der M. geniohyoideus scheint sehr schwach gewesen zu sein. Jedenfalls ist dieser Muskel nicht allein an den diluvialen Kiefern, sondern auch an manchen recenten stärker entwickelt und dadurch ebenfalls formgestaltend.



Fig. 52.
Menschlicher Unterkiefer. Querschnitte von der Medianlinie bis zum Eckzahn.
Geringe Trajektorienbildung des M. digastricus, stärkeres Trajektorium des M. genioglossus. In der Mitte tritt das Kinn stark hervor, seitlich flacht es sich schnell ab. Starke Ausbildung der Spina bei b.

Bei starker Ausbildung desselben wird der untere Teil der Kieferplatte sich mehr in gerader Richtung anschliessen und erstere fehlt hier offenbar. Durch beide Umstände wird die hintere Kieferplatte an der Basalfläche enorm in der Gestalt beeinflusst. Wir sehen dieselbe unmittelbar unter der starken Spina nach vorn sich vorwölben, so dass eine starke Schräglage der Basalfläche zum oberen Teile der Kieferplatte entsteht. Dagegen ist das Trajektorium des M. genioglossus durch sehr starke Bälkchen ausgezeichnet, und diese muss man in diesem Falle allein für die verhältnismässig grosse Kinnbildung verantwortlich machen. Ein Vergleich der Durchschnitte von Fig. 34 und Fig. 52 zeigt die Abänderung des Basalteiles in seiner äusseren Form durch die verschiedenartige Entwickelung des Trajektoriums des M. digastricus so deutlich, dass ein weiterer Kommentar überflüssig erscheint.

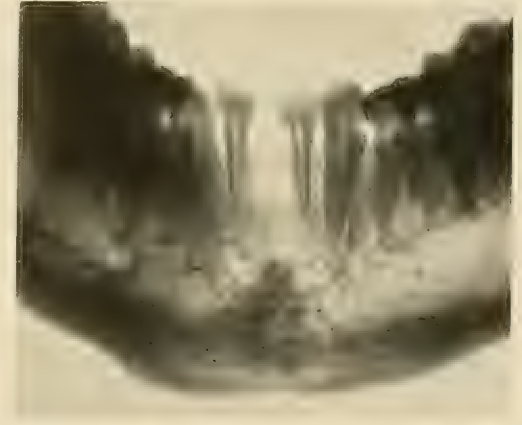


Fig 53.
Unterkiefer vom Massai, welchem frühzeitig die mittleren Schneidezähne extrahiert werden. Starke Ausbildung des Kinns und der Trajektorien des M. digastricus und genioglossus.

Ein solcher Kiefer, wie ihn die Figur 52 a—d zeigt, erscheint in Bezug auf die Entwickelung des Basalteiles als gerader Gegensatz zu den diluvialen Kiefern, insbesondere zum Schipkakiefer. Hier stark entwickelte Insertionsstellen des M. digastricus und geniohyoideus, aber geringste Ausbildung des Trajektoriums des genioglossus, keine Kinnbildung, dort die umgekehrten Verhältnisse.

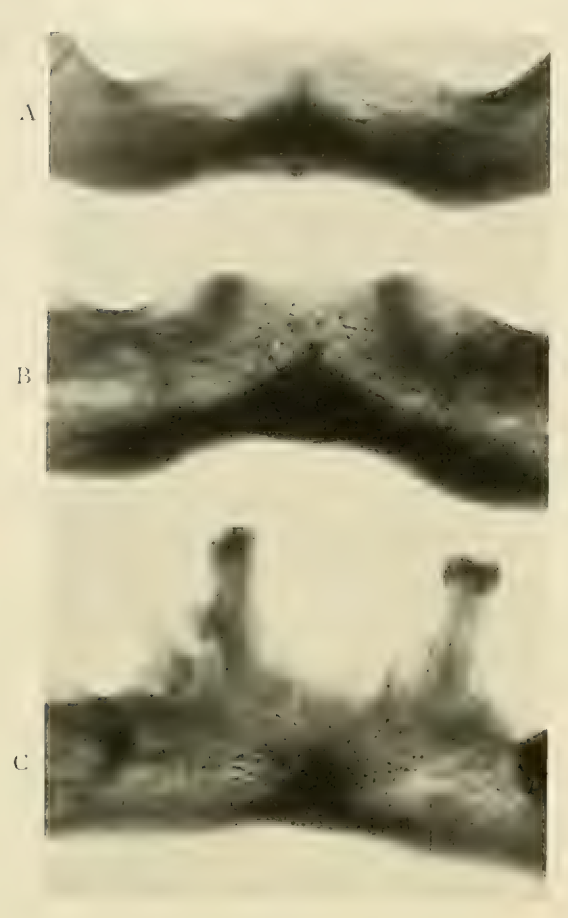


Fig. 54.
Röntgenaufnahme von dem unteren Vorderkiefer.
A Einer 84jährigen Frau, B einer 92jährigen Frau, C einer 84jährigen Frau.
Die Trajektorien des M. genioglossus (besonders C) und des M. digastricus sind gut erhalten. Die Kiefer haben jeder einen stark hervortretenden Basalteil bei geschwundenem Kieferkörper.

Bei den Massais ist es Sitte, die unteren mittleren Schneidezähne im jugendlichen Alter zu entfernen. Es tritt dadurch eine Reduktion des Alveolarfortsatzes ein, das Kinn tritt dagegen spitzer hervor. Das Radiogramm eines solchen Kiefers zeigt Fig. 53. Ein starkes Trajektorium des M. genioglossus und des M. digastricus erhält in diesem Kiefer den Basalteil, obgleich der Kieferteil über demselben eine sehr weitmaschige Spongiosa als Zeichen einer sehr geringen Beanspruchung aufweist.

Noch auffälliger ist die Bedeutung der beiden Trajektorien für die Kiefer von Leuten, welche schon seit langer Zeit sämtliche Zähne des Mundes verloren haben. Die Kiefer verfallen damit dem Knochenschwunde, der Inaktivitätsatrophie, denn die Beanspruchung beim Kauakt ist eine sehr geringe. Auffallend ist es nun, dass der vordere Unterkiefer dem allgemeinen Schwunde nicht so anheimfällt. Allerdings geht der Alveolarfortsatz und ein Teil des Kieferkörpers bei sehr alten Leuten verloren, der Basalteil wird jedoch nahezu vollständig bis in das höchste Alter hinein erhalten und springt nun ganz bedeutend hervor. Radiogramme von solchen Kiefern zeigen das Vorhandensein der Trajektorien der M. genioglossus und digastricus in demselben Masse wie in Kiefern, welche

Zähne besitzen, und ihnen ist es zuzuschreiben, dass das meist spitz hervortretende Kinn der Greise erhalten bleibt. Im übrigen erstreckt sich Inaktivitätsatrophie auf sämtliche übrigen Partien der Kiefer. Die Annahme, dass etwa der Kauakt, welcher, wie ich in der vorliegenden Arbeit nachwies, die allgemeine Kieferform schafft und erhält, hier von Einfluss sei, muss bei näherer Betrachtung für diese Erscheinung als vollständig hinfällig bezeichnet werden. Denn wir sahen, dass selbst an den Insertionsstellen der grossen Kaumuskeln, welche doch gewiss noch am meisten bei dem naturgemäss nun sehr mangelhaften Kauakte beansprucht werden, ein enormer Abbau stattfindet. (Siehe Fig. 19.)

Hier kommt eine ganz andere Beanspruchung des Vorderkiefers in Betracht, welche die eine stärkere Entwickelung respektive Erhaltung der Trajektorien des M. digastricus, des geniohyoideus und besonders des M. genioglossus und damit die Erhaltung der äusseren Form des Basalteiles des Unterkiefers nach sich zieht, nämlich die Funktionen jener Muskeln bei der **Sprache** des Menschen.

Mortillet hat schon früher angenommen, dass das Fehlen der Spina mentalis interna den Mangel einer artikulierten Sprache beweise. Schaaffhausen bemerkte dazu, dass die M. genioglossi als Hervorbringer der Zahnlaute hier allein in Betracht kommen könnten. Ich citiere seine Worte: „Ihr stärkerer Gebrauch mag beim Sprechen mit der Bildung einer Spina mentalis interna zusammenhängen. Doch fand Vrolik beim Schimpanse keine Verschiedenheit in Betreff des Genioglossus, nur seien die Geniohyoidei verhältnismässig stärker und die Mylohyoidei schwächer als beim Menschen. Wiewohl die Sprache im Lallen des Kindes mit Zahn- und Lippenlauten beginnt, so erscheinen in der Sprachentwickelung doch vielfach die gutturalen Laute als die älteren, denen die leichter zu sprechenden Zahn- und Lippenlaute gefolgt sind. Die Spina mentalis interna kann nicht mit dem Sprachvermögen überhaupt in einen Zusammenhang gebracht werden, wohl aber mit der Sprachentwickelung". Die Angaben Schaaffhausens waren mehr Vermutungen, ohne dass ein Beweis dafür erbracht werden konnte. In hohem Grade auffallend ist nun, dass bei **keinem** Affen auch nur eine Andeutung von einem Trajektorium des Genioglossus, wie es beim Menschen vorhanden ist, vorkommt. Ich erwähnte, dass beim Orangutan der Knochen an der Insertionsstelle jenes Muskels auf Kieferquerschnitten nur eine etwas dichte halbkreisförmig angeordnete Spongiosa aufweise. Ein wirkliches Trajektorium, wie es beim Orangutan z. B. der M. digastricus so schön hervorbringt, ist an der Ansatzstelle des M. genioglossus niemals vorhanden. Zahlreiche Aufnahmen der Vorderkiefer vom Orangutan mittelst Röntgenstrahlen zeigten eine ganz gleichmässige Anordnung der Spongiosa im Vorderkiefer. Beim Gorilla weist der Knochen oberhalb der Insertionsstelle des

M. genioglossus auf Kieferquerschnitten eine etwas stärkere Spongiosa auf, welche zwar zur vorderen Kieferplatte zieht, aber eine sehr unregelmässige Form hat und keinenfalls wahre Knochenbälkchen — ähnlich dem Trajektorium des M. digastricus, wie sie auch der Gorilla hat — bildet. Nicht die körperliche Stärke eines Muskels ist für die Entstehung eines Trajektoriums im Knochen allein massgebend, sondern weit mehr die oft wiederholte Konstanz einer bestimmten Druck- oder Zugrichtung.

Eine Konstanz der Zugrichtung, wie man sie nach den Gesetzen der Entwickelungsmechanik erwarten muss, ist beim Genioglossus der sprachlosen Tiere nicht vorhanden. Die Funktion des Muskels ist hier nur eine Unterstützung der allseitig und regellos erfolgenden Zungenfunktion, welche sich zur Unterstützung des Kauaktes immer zufälligen Momenten anpassen muss. Die Spongiosa an der Insertionsstelle unterscheidet sich kaum von der übrigen des Kieferkörpers, welche den Zweck hat, die beiden Kieferplatten gegen den Kaudruck zu verstreben. Das ausgesprochene Trajektorium des M. genioglossus ist dagegen spezifisch menschlich und deshalb erscheint es mir einerseits gleichzeitig mit dem M. digastricus bestimmend für die Entstehung des menschlichen Kinnes. Es ist aber auch anderseits meines Erachtens der Ausdruck für eine gänzlich neue Funktion, nämlich für einen Teil der Sprachbildung, welche eine bedeutend vermehrte Beanspruchung des M. genioglossus unbedingt nach sich zieht. Vielleicht sind es nach SCHAAFHAUSEN die Zahnlaute, welche die Entstehung dieses Trajektoriums besonders bedingen.

Häufig sieht man nämlich das Trajektorium beim heutigen Menschen über der Spina mentalis beginnend zum Kinnhöcker abfallen. Es durchsetzt dabei auch in schräger Richtung die die Kieferplatten verbindende Spongiosa, ist also nicht eine einfache Verstärkung dieser Bälkchen. Diese Lage würde auf die Beanspruchung bei der Bildung der Zahnlaute infolge Hebens der Zunge durch den M. genioglossus direkt hindeuten. Anderseits scheint jedoch auch die verschiedenartige Ausbildung und Stellung des Basalteiles zum Kieferkörper dabei in Betracht zu kommen. Bei geringer Ausbildung des Trajektoriums des M. digastricus liegt dasjenige des M. genioglossus mehr rechtwinkelig zur hinteren Kieferplatte. Also nicht allein die Schrägstellung des M. digastricus ist für die äussere Form des Basalteiles von Bedeutung, sondern seine Stärke beeinflusst die Lage des Trajektoriums des M. genioglossus.

Von Interesse werden nun die ganz allgemein gehaltenen Angaben TORNIERS (Archiv für Entwickelungsmechanik 1895), woher es kommt, dass Muskelsehnen in Knochengruben und nicht an Knochenfortsätzen inserieren. TORNIER sagt darüber:

„Nicht jede an einem Knochen inserierende Sehne bildet auf ihre Kosten einen Knochenvorsprung aus, sondern nur die, welche bei Vorwiegen einer speziellen Organfunktion zu besonders energischer Arbeitsleistung gezwungen werden. Inserieren ganze Muskelgruppen auf ein und derselben, mehr oder weniger umschriebenen Knochenstelle, und verknöchern davon nur die Sehnen, welche die oberflächlichsten sind, von ihren Insertionspunkten aus, dann werden die tiefer liegenden Sehnen von den neu entstandenen Knochengräten zum Teil überdeckt und die Knochen selbst bilden mit dem Knochenschaft grubenartige Vertiefungen, denen entsprechend, die unter dem Einfluss analoger Entwickelungsvorgänge um die Gelenkflächen herum dadurch entstehen, dass von den Kapselbändern die oberflächlichsten und längsten Fasern zuerst verknöchern. Ja dieses Beispiel zeigt sogar, dass es gar nicht unwahrscheinlich ist, dass in manchen Fällen schon ein alleinstehender Muskel, dessen Sehnenfasern in mehreren Lagen fächerförmig ausgebreitet inserieren, zur Entstehung einer Knochengrube Veranlassung geben kann, wenn seine oberflächlichen Sehnenfasern vom Knochenkörper aus zuerst ossifizieren“.

Diese Sätze Torniers passen auch für die Funktion des M. genioglossus. Ich möchte speziell die Gruben- oder Spinabildung durch den M. genioglossus dahin festlegen, dass der erstere Fall eintritt, wenn die Thätigkeit des Muskels inkonstant und weniger kräftig ist und der Basalteil mit dem Kieferkörper keinen grösseren Winkel als 180° bildet. Es kommt zur Bildung einer Spina, wenn die geschilderten Bedingungen zu positiven werden. Es genügt die oberflächliche Verknöcherung der Sehne und Bildung einer Grube für die Insertion des M. genioglossus. Durch die vermehrte und bestimmte Beanspruchung wird der Muskel besonders central in seiner Sehne verknöchern. Daneben bedingt aber auch seine Anheftung auf dem Scheitel des Winkels die Ausbildung einer Spina.

Neuerdings hat W. Gebhardt (Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen XII. Band 1. u. 2. Heft) in einem Aufsatz „Über funktionell richtige Anordnungsweisen der gröberen und feineren Bauelemente des Wirbeltierknochens“ weitere wertvolle Mitteilungen über die Ansätze der Zugorgane an den Knochen gemacht, welche auch in unseren speziellen Betrachtungen eine wichtige Rolle spielen. Gebhardt sagt darüber folgendes: „Die Starrheit des dem Knochen nächstgelegenen Sehnenabschnittes als letzten kurzen Zwischenstückes ist von mechanischer Bedeutung, indem gerade durch sie beim Wechsel des Winkels zwischen Sehne und Knochen für den letzteren ein Teil der Zugbeanspruchung in anderweitige Beanspruchung umgewandelt wird. Von noch grösserer Bedeutung gerade in dieser Beziehung ist das Einsenken der Sehnenansätze in Vertiefungen des Knochens, wobei die seitlich an- und überliegenden



Fig. 55.
A Unterkiefer vom Gorilla. An der Ansatzstelle des M. genioglossus zwischen den Wurzeln des Canini *C, C* ist eine halbkreisförmige hell erscheinende Zone in der Spongiosa, darunter eine runde von der gleichen Beschaffenheit. Dies ist die Ansatzstelle für den M. geniohyoideus. Der Knochen wird hier also im Gegensatz zum Menschen sehr gering beansprucht.
B Unterkiefer vom Schimpanse. Hier erscheint nur die eine helle Zone an der Ansatzstelle des M. genioglossus. In beiden Kiefern wird der an den Insertionsgruben ausgeübte Zug in Druck umgewandelt, welchen die Compacta aufnimmt.

Teile auf Biegung, Druck und in alle möglichen anderen Weisen beansprucht werden. In dieser Beanspruchung mag dann für diese Teile ein ihrer Ausbildung förderliches Moment gegeben sein, woraus sich die vielfachen „Überwallungen" der Sehnenansätze erklären könnten, die in Ringwällen, Leisten und Zipfeln bestehen, die stets zwischen oder über oder unter den Sehnenbündeln liegen, ihnen aber nicht selbst zum Ansatz dienen".

Meine Resultate stimmen mit diesen Sätzen vollständig überein. Ich konnte durch Röntgenaufnahmen der Vorderkiefer der grossen Anthropomorphen nachweisen, dass das Knochengewebe unter den Insertionsstellen der Zugmuskeln infolge der Umwandlung des Zuges in Druck entlastet wird und im Radiogramm hell erscheint. Die Anthropomorphen verhalten sich dabei wieder verschieden. Beim Orangutan ist jener Zustand nicht nachzuweisen. Beim Schimpanse befindet sich ein heller Kreis an der Insertionsstelle des M. geniohyoideus, bei dem Gorilla auch am M. genioglossus. Diese Verschiedenheit bei den Anthropomorphen hängt offenbar mit

der Stärke der Compacta der hinteren Kieferplatte zusammen, welche beim Orangutan am schwächsten, beim Gorilla am stärksten ist. Trotzdem bei letzterem der M. geniohyoideus oft sogar eine Spina bildet, ist das darunterliegende Knochengewebe aufgelockert, ein Beweis, dass die Compacta den ausgeübten Zug vollständig in Druck umwandelt, und die Spongiosa unbeeinflusst ist.

Was die Überwallungen anbetrifft, so haben wir besonders zwischen den M. geniohyoidei des Schimpanses häufig eine sehr scharfkantige, stark vorspringende Leiste, welche nicht zum Ansatz der paarigen Muskeln dient. Ebenso erklärt sich auch wohl z. B. jenes feine Knochenleistchen in der Medianlinie mancher menschlicher Unterkiefer, wie wir es auch am Schipkakiefer beobachten. Zwischen den M. geniohyoidei sich erstreckend, zieht es zur Basalfläche des Kiefers, indem es hier noch teilweise die starken Gruben des M. digastricus trennt.

Man könnte meiner Annahme, dass das Trajektorium des M. genioglossus beim Menschen im wesentlichen durch die Sprachfunktion bedingt sei, entgegenhalten, dass es durch die Grubenbildung beim Affen und der von mir nachgewiesenen Entlastung des Knochengewebes an der Insertionsstelle zur Bildung eines Trajektoriums gar nicht zu kommen brauche. Dem ist aber entgegenzuhalten, dass der Prédmoster Kiefer trotz starker Grubenbildung ein ausgeprägtes Trajektorium des M. genioglossus besitzt. (Siehe Fig. 45 und 46.) Dieser Umstand spricht für eine weit grössere, bestimmte Beanspruchung der Insertionsstelle dieses Muskels, und dieses kann man nach Lage der Dinge nur der vermehrten Funktion des Muskels durch die Sprache zuschreiben.

Nach diesen Ergebnissen der Entwickelungsmechanik wird nun auch das Verhalten der inneren Kieferplatten an den Insertionsstellen des M. genioglossus und M. geniohyoideus bei dem heutigen Menschen in ein helleres Licht gerückt. Topinard hat in seiner Abhandlung die Variationen der Spina mentalis interna mit grösster Genauigkeit erörtert und kommt zu dem Schlusse, dass er keine anatomische Sonderheit kenne, welche so proteusähnlich wäre. Man kann das leicht an einer Anzahl von menschlichen Kiefern bestätigen.

Topinard erklärt als Grundform der Spina mentalis interna je zwei kleine Knochenkämme; die oberen entsprechen den Insertionsstellen des M. genioglossus, die beiden unteren denjenigen des M. geniohyoideus. Die grössere oder geringere Ausbildung, das Zusammenfliessen der paarigen Knochenkämme, eventuell die Entstehung einer Fläche, wie die Verschmelzung der „Apophysis superior und inferior“ zu einem Höcker, einer wirklichen Spina, wie es nach Topinard bei allen heutigen Menschenrassen vorkommt, und unzählige andere Variationen haben nach meinen obigen Aus-

führungen verschiedene Ursachen. Sie werden direkt Überwallungen infolge der Einwirkung der seitlich wirksamen Muskeln, und indirekt teils durch die Stärke einer konstanten Beanspruchung des Knochens auf Zug durch die einzelnen beteiligten Muskeln, teils durch die Lage der Insertionsstellen jener Muskeln zu einander hervorgerufen, welche wiederum durch die allgemeine Knochenform bedingt ist.

TOPINARD hatte somit Recht, wenn er in seiner Abhandlung die Annahme MORTILLETS zurückwies, das Fehlen der Spina mentalis interna sei ein Zeichen dafür, dass das Individuum von La Naulette nicht oder nur sehr schwer sprechen konnte. Die Spina mentalis interna konnte dafür nicht beweiskräftig sein.

Auch am Unterkiefer von Krapina lässt sich durch Radiogramme der Einfluss der Muskelfunktion, wenn auch geringer wie beim Prédmoster Kiefer, feststellen. An

A



B



Fig. 56.
A Unterkiefer, B Oberkiefer von Krapina.

den Insertionsstellen der M. digastrici ist die oberhalb einer sehr starken Rindensubstanz liegende Spongiosa verdichtet, ein Beweis, dass hier, trotz der geringen Schrägstellung jeder Insertionsgrube zum Kieferkörper eine starke Beanspruchung des inneren Knochens auf Zug stattfand. Diese hier verdichtete Spongiosa erreichte jedoch nicht die Höhe der Grube an der hinteren Kieferplatte. Die Röntgenaufnahmen zeigen, dass von jener Grube durch den Knochen wiederum ein Trajektorium zieht, welches durch den M. genioglossus hervorgerufen wird. Dasselbe ist allerdings geringer, als beim Prédmoster Kiefer. Eine Röntgenaufnahme von der hinteren Kieferplatte zeigte sogar deutlich eine Verdichtung der Spongiosa um diese Grube herum, von welcher strahlenförmig kleine Bälkchen in die Umgebung ziehen. Während an der inneren Kieferplatte diese Verdichtung der Spongiosa

deutlich sichtbar ist, breitet sich das Trajektorium des M. genioglossus mehr aus und macht auf der vorderen Kieferplatte kaum einen Eindruck. Infolge dessen sieht man nur bei ganz genauer Betrachtung am Krapinakiefer eine sehr schwache, ovale Erhabenheit, welche den ersten Anfang einer Kinnanlage darstellt.

In der Medianlinie liegt beim Krapinakiefer eine geringe „Apophysis genii inferior" in Form einer spindelförmigen Erhöhung. Auch diese markiert sich nicht in der Röntgenaufnahme als Verdichtung der Spongiosa, etwa als Trajektorium des M. geniohyoideus, sondern ist vielmehr als eine Überwallung zu betrachten, welche durch die gemeinsame Wirkung der seitlich liegenden M. geniohyoidei hervorgebracht wird.

Nach diesen Befunden muss man den Krapinakiefer in Bezug auf die Entwickelung des diluvialen Menschen hinter den Schipkakiefer aber vielleicht gleichzeitig mit dem Kiefer von La Naulette und vor den Kiefer von Prédmost setzen. Eine solche Reihenfolge stimmt auch mit den geologischen Schichten überein, in welchen die einzelnen Kiefer gefunden wurden.



Fig. 57. Unterkiefer von Krapina. Röntgenaufnahme von der Rückseite (Film). *t* Trajektorium des M. genioglossus.

Der Vergleich der Röntgenaufnahmen dieser Kiefer zeigt aber auch eine fortschreitende Entwickelung jenes Trajektoriums des für die Sprache wichtigsten Zungenmuskels.

Der M. genioglossus hat für diese Individuen den Kauakt sicherlich unterstützt, sein alleiniger Zweck war diese Funktion aber nicht mehr. Schliesslich benutzten jene diluvialen Menschen ihre Zunge wohl ebensoviel für den Kauakt wie die heutigen. Genau so thuen es die Anthropomorphen zum mindesten. Wenn wir an jenen diluvialen menschlichen Kiefern das Fortschreiten, ja das Entstehen jenes Trajektoriums deutlich verfolgen können, wenn wir sehen, dass bei dem heutigen Menschen dasselbe bedeutend verstärkt ist, während der Kauakt ein viel geringerer geworden ist, so kann man diesen bei der Beurteilung der Entstehung jenes Trajektoriums des M. genioglossus vollständig ausser Acht lassen.

Dagegen kommt man durch die Untersuchungen unbedingt zu der logischen Folgerung, dass das Trajektorium durch **den Erwerb der Sprach-Funktion allmählich** geschaffen wurde, für welche die Existenz und eine möglichst ausgiebige Funktionsfähigkeit des M. genioglossus conditio sine qua non ist. Jene diluvialen Kiefer aber weisen darauf hin, dass der Mensch in **jener** Zeitperiode zum mindesten den Gebrauch einer artikulierten Sprache **in grösserem Umfange** sich zu eigen machte.

Der Beweis für diese Ansicht, jene Trajektorienbildung, welche kein Anthro-

pomorphe besitzt, wurde in anderer Weise geführt, als von Mortillet. Sprach gegen dessen Ansicht, wie Topinard hervorhob, das Verhalten heutiger Kiefer, so bestätigen sowohl diese als auch die diluvialen Kiefer meine Ansicht. Der Prédmoster Kiefer hat Gruben-, Trajektorien- und Kinnbildung ohne Spina.

Die Entstehung der Spina mentalis interna ist von der Thätigkeit des M. genioglossus noch nicht einmal allein abhängig. Das in jener Grube des Prédmoster Kiefers eintretende Gefäss dient zur Versorgung des vom M. genioglossus gebildeten Trajektoriums, welches röhrenförmig um dasselbe angeordnet ist. Die Spina des heutigen Menschen ist nicht etwa allein der Ausdruck der höchsten direkten Muskelleistung an dieser Knochenstelle durch ausgeübten Zug des M. genioglossus, sondern sie erscheint gleichzeitig als eine Verstärkung des Punktes der hinteren Kieferplatte, an welchem die beiden Abschnitte derselben in verschiedener Richtung beansprucht werden. Zieht man jene auf S. 239 geschilderte Richtung der Linea obliqua interna in Betracht, welche als Fernwirkung einer Muskelarbeit am Knochen aufzufassen ist, und häufig hier an der Symphyse endet, bedenkt man, dass der oberhalb dieses Punktes ansetzende M. genioglossus nach oben und hinten, der darunter und seitlich liegende M. geniohyoideus nach hinten und der M. digastricus nach unten und hinten zieht, so wird dieser Punkt eine besondere Belastung erfahren, zumal bei der orthognathen Zahnstellung auch der Kaudruck an dieser Stelle zur stärksten Geltung kommt. Die Röntgenaufnahmen ergaben, dass die Spina mentalis durchaus nicht etwa zu jenen Knochenvorsprüngen gehört, welche der Ausdruck höchster Belastung durch Zug sind. Sie schliesst sich in ihrem ganzen Verhalten zu den betheiligten Trajektorien vielmehr im wesentlichen den besprochenen „Überwallungen“ an. Wenn auch der M. genioglossus teilweise an der Spina selbst ansetzt und vielleicht auf die Form derselben einigen Einfluss hat, so muss man nach den Bildern von Kieferquerschnitten durchaus annehmen, dass die Spina mentalis interna der Ausdruck einer kombinierten direkten und indirekten Muskelwirkung an der Stelle ist, wo Kieferkörper und Basalstück ineinander übergehen. Die einzelnen Elemente dieser Kombination sind bestimmend für die Gestaltung der Kieferplatten an dieser Stelle, wobei das Überwiegen des einen oder anderen Faktors die innere Struktur und äussere Form verändert, so dass jene Spina mentalis interna in allen möglichen Variationen ensteht.

Sämtliche Formveränderungen des Vorderkiefers der Primaten folgen somit ebenfalls dem von Roux aufgestellten Gesetze, wonach durch den funktionellen Reiz eine Begünstigung der Entwickelung in der Richtung hervorgerufen wird, in welcher die Kräfte wirken. Hervorragend sehen wir das noch am Basalteile des Vorderkiefers bei

den Affen, wo der M. digastricus durch seine kräftige Funktion den Kieferrand auszieht. Unterstützt wird diese Knochengestaltung seitens des M. digastricus durch den bei den Affen stark ausgebildeten Subcutaneus colli, welche nach dem Zeugnis von Bischhoff u. A. namentlich in seinem frontalen Abschnitte sehr stark entwickelt ist. Die Insertionsstelle dieses Muskels ist an dieser Stelle bei älteren Anthropomorphen häufig sehr deutlich als breite flache Grube ausgeprägt. Beim Orangutan ist vielleicht auch noch der Umstand für den sehr stark zurücktretenden Unterkieferrand von Bedeutung, dass der M. digastricus nur einen Bauch hat. Die Anheftung am Zungenbein fehlt, und dadurch muss der M. digastricus beim Orangutan den Kieferrand mehr horizontal ziehen.

Aber selbst schwächere Muskeln, welche nicht am Rande des Knochens inserieren, gestalten die äussere Form. Der neue Charakter, welchen der heutige menschliche Unterkiefer durch das Hervortreten des Kinnes erhielt, beruht im wesentlichen auf der gestaltenden Thätigkeit des M. genioglossus, welcher unter den erörterten Bedingungen durch die Ausbildung eines Trajektoriums in bestimmter Richtung zum mindesten an der Erhaltung des Basalteiles und zwar im wesentlichen der vorderen Fläche, wenn nicht an einer Vortreibung der letzteren durch die Aktivitätshypertrophie stark beteiligt ist. Durch die Neubildung dieses Trajektoriums, respektive durch seinen Einfluss wurde auch die Stellung der Insertionsgrube des M. digastricus zum Kiefer direkt beeinflusst. Im Schipkakiefer ist das Trajektorium des M. genioglossus nur in sehr geringem Umfange zu konstatieren, während es am Krapinakiefer, noch mehr aber am Prédmosterkiefer schon stärker hervortritt. Dementsprechend haben sich die Insertionsgruben der M. digastrici in ihrer Stellung zum Kieferkörper geändert.

Nach den Ergebnissen meiner Untersuchungen der funktionellen Zug- und Druckwirkungen der Muskeln auf das Knochengewebe, möchte ich hier für die Bildung von Trajektorien im Knochengewebe der Meinung Raum geben, dass die Trajektorien durch eine oscillatorische Beanspruchung der Elemente der Spongiosa entstehen, welche durch Vermittelung eines periodisch erfolgenden Druckes oder Zuges auf die elastische Compacta an der Insertionsstelle des Muskels indirekt erzeugt wird.

Der Einfluss der fortschreitenden Grössenreduktion der menschlichen Zähne auf den Vorderkiefer.

Neben der formgestaltenden Thätigkeit der Muskeln an der hinteren Seite des Vorderkiefers nehme ich, wie schon öfters angedeutet, für die Entstehung des Kinns gleichzeitig und gleichwertig noch eine fortschreitende Reduktion der Kiefer und Zähne an Grösse bei dem Menschen an.

Die Verkleinerung der Kiefer und der Zähne beim Menschen muss dabei konsequenterweise zu einem Kampfe der letzteren um den gegebenen Raum führen, wenn sich die Grössenverhältnisse der beiden Faktoren nicht genau anpassen. Dieses ist in den menschlichen Kiefern aber sehr häufig der Fall und die Folge sind Unregelmässigkeiten in der Stellung der Zähne, wie wir sie so häufig besonders bei den civilisierten Völkern zu beobachten Gelegenheit haben. Oft spielen nachweislich von den Vorfahren erworbene Kiefereigentümlichkeiten eine grosse Rolle und man sieht in einer Familie z. B. dieselbe prägnante Stellungsanomalie irgend einer Art bei allen Mitgliedern derselben. Weit häufiger werden die Kiefer der Mutter und die Zähne des Vaters vererbt, wenngleich auch das Umgekehrte vorkommt. Der Kampf um den gegebenen Raum wird nun nach zwei Prinzipien unter den Zähnen ausgefochten, nämlich nach der vererbten Grösse und der ebenfalls vererbten zeitlichen Entwickelung. Letztere ist gleichbedeutend mit dem Begriff der Verkalkung und dem Durchbruch der Zähne.

Dass die Kiefer des Menschen sich verkleinern, ist eine Thatsache, die bei den civilisierten Rassen so unzweifelhaft feststellt, dass hierüber nicht mehr zu streiten ist. Wir Zahnärzte haben oft genug Gelegenheit, Schiefstellungen der Zähne in einem für die Zähne zu kleinen Kiefer zu beobachten. Jene Angabe von Bonwill, dass bei den heutigen Menschen der Abstand der beiden Gelenkköpfe des Unterkiefers gleich sei der Entfernung der Gelenkköpfe bis zu den Berührungspunkten der mitt-

leren Schneidezähne, nämlich 100 mm, gilt nur für die civilisierten Völker. An den prognathen Kiefern von Negern wies BRANCO nach, dass der Abstand der Gelenkköpfe von den Schneidezähnen bis zu 120 und mehr Millimeter betrug. Ein derartiger Prognathismus als Stammesmerkmal deutet auf den ursprünglichen der Stammesform hin. Zähne und Kiefer stehen dabei nahezu immer noch in einem harmonischen Grössenverhältnis. Wenn bei civilisierten Völkern prognathe Kiefer vorkommen, so betrifft der Prognathismus nicht so die Allgemeinheit eines Volksstammes, sondern einzelne Individuen. Ein individuell erworbener, alveolarer Prognathismus beruht bei ihnen entweder auf einer das gewöhnliche Mass überschreitenden funktionellen Beanspruchung der vorderen Zähne nach dem Durchbruche oder er ist vererbt, indem der Kieferkörper für die Zähne überhaupt zu klein ist. Dabei erhielt der Zahnbogen trotz der Reduktion des Kieferkörpers ein regelmässiges Krümmungsmerkmal. Wird jedoch aus diesem ein Zahn im Kampfe um den Raum, welcher während der Entwickelungsperiode wie beim Durchbruch selbst stattfindet, herausgedrängt, so entsteht eine Stellungsanomalie ohne regelmässiges Krümmungsmerkmal. Die Zähne sind gegenüber dem Kieferkörper in Bezug auf die fortschreitende Reduktion meistens im Rückstande. Bei niederen Rassen findet man unregelmässige Zahnstellungen höchst selten, und zwar nur in den Fällen, wo die Rasse durch schlechte Ernährung und veränderte Lebensbedingungen degenerierend beeinflusst wird.

Dass also bei den civilisierten Rassen gegenüber den tiefstehenden eine Verkleinerung des Kieferkörpers stattgefunden hat, ist mit Sicherheit nachzuweisen. Die Unregelmässigkeiten der Zahnstellung scheinen sogar in den letzten Jahrhunderten ähnlich wie die Zahncaries und wohl eng mit dieser im ursächlichen Zusammenhange stehend enorm zuzunehmen.

Dass die Zähne des Menschen dagegen an Grösse abnehmen, war eine bisher unbewiesene Annahme. Ein ausgezeichneter Kenner menschlicher Zähne CHARLES TOMES fasst in seiner Anatomie der Zähne des Menschen und der Wirbeltiere seine Ansichten in folgendem Satze zusammen: „Im ganzen muss man zugestehen, dass zwischen den verschiedenen Menschenrassen weniger konstante Verschiedenheiten vorhanden sind, als man a priori erwarten würde; und man kann sagen, dass man die Zähne eines Wilden im Munde eines Europäers nur für ein vollkommen gut entwickeltes Gebiss halten würde."

Wirklich in die Augen springende Unterschiede sind zwischen den Zähnen heutiger hochstehender und niederer menschlicher Rassen in der That nicht vorhanden. Menschliche Zähne haben in Bezug auf Formen im Gegensatz zu vielen Tieren eine grössere Konstanz. Immerhin ist das Fehlen des einen fünften Höckers beim

zweiten unteren Molaren der hochstehenden Rassen als Zeichen von Reduktion der Form aufzufassen. Intensiver erscheint die Reduktion der Gesamtgrösse. Vom dritten Molaren ist dieselbe seit langem bekannt. Indessen zeigt auch der obere kleine Schneidezahn und der obere zweite Prämolar diese Erscheinung. Insbesonders haben BAUME in seinen Odontologischen Forschungen und neuerdings BRANCO über Reduktion der Schneidezähne und der letzten Molaren bei Tieren und Menschen zahlreiche Beobachtungen veröffentlicht. Gleichzeitig finden sich an diesen Zähnen die meisten Unregelmässigkeiten in Bezug auf Stellung. Der zweite obere Prämolar des Menschen ist noch gar nicht darauf hin geprüft. Im Gegensatz zum ersten besitzt derselbe nahezu mmer nur eine Wurzel. Der Weisheitszahn, zweiter oberer Prämolar und kleiner Schneidezahn zeigen die meisten Stellungsanomalien; sie erscheinen häufiger zwerghaft, sind nicht ganz selten retiniert oder werden sogar nicht angelegt.

Das sind alles Momente, welche auf eine Reduktion der Grösse wenigstens einzelner Zähne bei den hochstehenden menschlichen Rassen hindeuten. Es musste nun im hohen Grade interessant sein, die erwähnten diluvialen menschlichen Kiefer auf Grössenverhältnisse der in ihnen enthaltenen Zähne vergleichend zu prüfen.

Die Zähne des Schipkakiefers veranlassten VIRCHOW zu dem Ausspruche, dass sie von einer unerhörten Grösse seien. Mit Recht kann man aus den vorhandenen Zähnen auch auf eine unerhörte Grösse der fehlenden schliessen. SCHAAFFHAUSEN hat schon besonders darauf aufmerksam gemacht, dass der noch nicht durchgebrochene Eckzahn des Schipkakiefers eine ganz auffallende Grösse besitze. Er bestimmt die Kronenlänge auf 13,5 mm Länge, während VIRCHOW nur 13 mm annimmt. Letzterer findet nicht, dass die Grösse des Eckzahnes mehr auffallend sei als die der übrigen Zähne. Indirekt bestätigt hier auch VIRCHOW die Harmonie aller Zähne in Bezug auf ihre Grösse. Ich kann dem nur zustimmen, denn die Röntgenaufnahmen zeigen, dass der Eckzahn sich noch lange nicht vollständig in seiner Wurzel entwickelt hat. Der Eckzahn hätte nach seiner Vollendung selbst den heutigen grössten Eckzähnen gegenüber eine stärkere Entwickelung gezeigt. Dasselbe möchte ich vom ersten Prämolaren behaupten, dessen Wurzel nach der Röntgenaufnahme mesial vollständig erhalten ist, während die distale Seite durch Bruch zerstört wurde. Die Wurzel desselben ist noch nicht fertig gebildet. Ihre Länge beträgt mindestens 23 mm, ein Mass, welches MÜHLREITER als das äusserste für heutige Prämolaren bezeichnet. Über die Krümmung der Schneidezahnwurzeln nach hinten geht VIRCHOW nahezu ganz hinweg. Er erwähnt nur die unerhörte Grösse und ihre beginnende Teilung, bringt aber die vermehrte Cuspidation der Prämolaren zur Geltung und meint, dass letztere nach dem Typus der Molaren gebildet wären, und man es also auch mit einer Exzessbildung zu thun hätte.

Wenngleich alle Beobachter darauf hinweisen, dass die Zähne des Schipkakiefers sehr gross sind, so konnten dieselben doch nicht als ein Rassenmerkmal der damaligen Menschen angesehen werden, sondern erschienen mehr individuell, weil in der That nur eine einzige derartige Zahngrösse bekannt war. Hier tritt nun der Kiefer von Prédmost in hohem Masse ergänzend ein. Auffallend ist vor allen Dingen bei demselben die starke Entwickelung des durchgebrochenen ersten bleibenden Molaren, welcher noch ganz intakt ist. Mühlreiter giebt die mittlere Entfernung zwischen den beiden Berührungsflächen, an der Kaufläche gemessen, auf 8—9 mm an. Beim Unterkiefer von Prédmost beträgt sie nahezu 13 mm. Die Höhe der Wangenfläche von ihrem Schmelzrande bis zur Spitze des vorderen Wangenhügels beträgt nach Mühlreiter 7—8 mm. Bei dem ersten Molaren des Kiefers von Prédmost ist diese Zahl noch etwas grösser. Die Entfernung der Spitzen der Zungenhöcker von jenen der Wangenhöcker giebt Mühlreiter auf 5—6 mm an.



Fig. 58.
Unterkiefer von Prédmost, die Kauflächen der Zähne zeigend, natürliche Grösse.

Die letztere Zahl wird bei den vorderen Höckern um ½ mm überschritten. Der Abstand des mittleren Wangenhöckers zum hinteren Zungenhöcker beträgt am Prédmoster ersten Molaren sogar 7 mm. Die vorhandenen Milch-Molaren zeigen ebenfalls eine respektable Grösse. Der Abstand der mesialen zur distalen Fläche beträgt bei dem unteren zweiten Milch-Backzahn 11 mm, beim ersten Milchbackzahn 8 mm. Den vorderen linken Milchbackenzahn hat schon Nehring in den Sitzungsberichten der Berliner Anthropologischen Gesellschaft 1895 mit dem bei Taubach gefundenen Milchbackenzahn vergleichend beschrieben. Nehring erklärt denselben für einen „echten Diluvialzahn". Auffallend ist eine starke Querleiste, welche am zweiten Milchbackenzahn vom inneren vorderen Zungenhöcker zwischen den ersten und zweiten Wangenhöcker zieht. Die Kaufläche des ersten bleibenden Molaren zeigt jederseits eine ausgezeichnete Bildung der fünf Haupthöcker. Andererseits ist aber auch eine entschiedene Vermehrung der Runzelbildung und der damit verbundenen Furchenbildung vorhanden. Vollkommen übereinstimmend mit den Verhältnissen im Schipka-

kiefer ist die durch die Röntgenaufnahme festgestellte „vermehrte Cuspidation" VIRCHOW's an den Kauflächen der Prämolaren. Auch hier erscheint die obere Partie der äusseren Fläche dreispitzig. Diese Prämolaren im Kiefer von Predmost haben mindestens dieselbe Spitzenzahl, wie diejenigen im Schipkakiefer. Endlich zeigt die Röntgenaufnahme, dass auch der zweite Molar eine enorme Krone erhalten hätte, welche derjenigen des ersten an Grösse wohl gleichgekommen wäre. Ganz dieselben Grössen und Formbildungen, wie ich sie soeben von dem Unterkiefer von Predmost geschildert habe, finden sich in derselben Weise in beiden Oberkieferhälften. Ich verzichte auf eine Wiederholung; beide Zahnreihen bilden den Beweis, dass wir es auch hier, wie im Schipkakiefer mit sehr grossen Zähnen zu thun haben, welche sich durch ihre Form und Grösse wesentlich von den heutigen, normalen Zähnen des Menschen unterscheiden.



Fig. 59.
Unterkiefer von Predmost. Röntgenaufnahme von der Symphyse bis zum zweiten Molaren.
Vermehrte Cuspidation der bleibenden Prämolaren. Sehr starke Kronenentwickelung sämtlicher Zähne. *t* Trajektorium des M. genioglossus.

Endlich möchte ich auch die neu aufgefundenen Kiefer von Krapina für die Bestimmung der Zahngrösse heranziehen. Die Figuren 47—50 und 56 zeigen in diesen Kieferfragmenten sehr stark entwickelte Zähne, und zwar gilt das für alle Zähne sowohl für die Kronen als auch für die Wurzeln. Die Schneidezähne sind gleich denen des Schipkakiefers nach rückwärts gebogen. Diese Rückwärtsbiegung ist somit Rasseneigentümlichkeit des diluvialen Menschengeschlechtes gewesen, genau so wie die Insertion des M. genioglossus in einer Grube.

Auffallend ist auch beim Kiefer von Krapina die Vermehrung der Zahl der Höcker, eine Thatsache, welche sich sogar auf die lingualen Flächen der Schneidezähne erstreckt. Zwischen den starken Wülsten, in welche die Approximalflächen dieser Zähne nach der lingualen Seite zu übergehen, tritt vom Zahnhalse dieser Seite ein weiterer, sehr starker Wulst zwischen jene beiden. Dieser Wulst ist durch kleinere Längsrinnen häufig nochmals in kleinere Talons geteilt (Verstärkungsleisten). Auch die übrigen Zähne zeigen grosse Neigung zur Vermehrung der Schmelzfalten. Gelegentlich kommen solche noch an einzelnen Zähnen des heutigen Menschen vor.

Über diese Bildungen hat Kramberger in seiner Abhandlung ausführlich und genau berichtet und verweise ich auf dieselbe hiermit. Eine wertvolle Tabelle dieses Autors über die Kronenmaasse der Zähne von Krapina beweist deutlich, dass die Zähne des diluvialen Menschen aus Krapina im allgemeinen grösser als die entsprechenden des recenten Menschen gewesen sind. Wichtig ist, dass es sich hier nicht um einzelne Kiefer, sondern um eine grössere Anzahl von Individuen (mindestens 10) handelt, bei welchen sowohl die bedeutendere Grösse als auch Schmelzfaltung der Zähne mehr oder weniger zu konstatieren ist.

Es liegen durch die aufgefundenen diluvialen Kiefer und Zähne meines Erachtens direkte Beweise für die Grössenreduktion sämtlicher Zähne des heutigen Menschen gegenüber den Vorfahren der Diluvialzeit vor. Man wird jedenfalls schwerlich wiederum von der „Duplicität" pathologischer Fälle oder von Excessbildungen reden können, da diese Kiefer, wie wir gesehen haben, normal und in sämtlichen Teilen nach den Gesetzen der Entwickelungsmechanik aufgebaut sind. Kiefer und Zähne stehen dabei in Bezug auf Grössenverhältnisse in vollster Harmonie mit einander und zwar weit besser, als wir es in den Kiefern der heutigen Menschenrassen gewöhnlich finden. Diese erneute Untersuchung jener ältesten Kiefer ergab, dass sie Rasseneigentümlichkeiten des damaligen Menschen zeigen, welche den heutigen Menschen nicht mehr zukommen.

Die Reduktion der Zähne an Grösse betraf im wesentlichen die Dimensionen in der Sagittalebene und zunächst die Wurzeln. Erstere wurde wiederum veranlasst durch die Verkleinerung der Kieferknochen infolge des geringeren Gebrauches, wobei die Reduktion des Knochens derjenigen der Zähne immer voraus war. Da auch die Kieferknochen vornehmlich in der Sagittalebene an Grösse reduziert wurden, so wurde aus dem alterblichen und ursprünglichen Prognathismus der Kiefer und Zähne eine Orthognathie derselben, welche für die meisten heutigen Rassen zur neuen Rasseneigentümlichkeit wurde. Die Korrelation zwischen beiden Faktoren ist für den heutigen Menschen noch nicht in allen Fällen eine vollständige geworden, zumal jene Reduktion der Kiefer an Grösse noch immer fortschreitet, während der Basalteil durch die Funktion der Sprache erhalten bleibt.

Rückblick auf die Entstehung der Kieferformen beim Menschen und den Anthropomorphen. Rückschlüsse auf die gemeinsame Stammesform.

Die gewaltige, uns zunächst ganz fremdartig erscheinende Entwickelung jener diluvialen menschlichen Kiefer und Zähne ist bei näherer Betrachtung eine notwendige Folge der Entwickelungsmechanik. Die funktionelle Anpassung schuf bei unseren Ahnen äussere Formen, deren damaliger Bestand auf den hervorragenden Gebrauch jener Teile zurückzuführen ist, genau wie zu unserer Zeit die geringere Benutzung jene für heutige menschliche Begriffe gewaltigen Kauwerkzeuge verkümmern, aber auch dadurch neue Formen entstehen liess, welche lange Zeit für spezifisch menschlich galten.

Alle jene Variationen der äusseren Kieferform der Menschen beruhen aber auf die Ausbildung einer gewissen inneren Struktur, welche direkt durch die Funktion der ansetzenden Muskeln und indirekt durch die in dem Knochen eingepflanzten Zähne bedingt ist. Jene ursprünglichen, in der Anlage übereinstimmenden konstruktiven Teile des Kiefers, werden durch den Gebrauch oder Nichtgebrauch der beiden genannten Faktoren verstärkt oder zurückgebildet. Diesem Vorgange schmiegt sich die äussere Kieferform auf das genaueste an. Und nicht allein die gewaltige Wirkung der grossen Kaumuskeln kommt dabei in Betracht. Auch kleine und unscheinbare Trajektorien sind von Einfluss auf die äussere Form. Jene spezifische Muskelthätigkeit des Menschen, welche ihm neben dem Gehirne die Herrschaft über alles übrige auf Erden sicherte, die Sprache, schuf ein kleines Trajektorium, welches die Veranlassung wurde, dass sich der Mensch auch äusserlich von den übrigen Primaten unterscheidet. Es verursachte neben der eigenartigen Stellung des an Grösse geringer werdenden M. digastricus zum Kieferkörper die Kinnbildung. Die Konstanz der Muskelwirkung war die Veranlassung, dass bei der Reduktion

des übrigen Unterkiefers an Grösse dieser im Vorderteile durch den M. genioglossus zugleich mit dem M. digastricus zum mindesten erhalten blieb. Wahrscheinlich trat sogar eine Vorwölbung durch die Muskelwirkung ein, welche zur Bildung des Kinns noch beitrug.

Die Kieferformation der übrigen Primaten wandelte in anderen Bahnen. Mag man bei ihnen nun eine gemeinsame Stammform mit dem Menschen annehmen, so ging die Entwickelung der Kieferformen jedenfalls immer nur in Rücksicht auf günstige Gestaltung des Kauaktes vor sich. Wir finden bei den Anthropomorphen sämtliche Kraftbahnen, mit Ausnahme jenes Sprachentrajektoriums, wie beim Menschen wieder. „Es sind die mächtigen Dauerzähne, es ist die Funktion des Fressens, dem die Form des Gesichtsschädels sich anzupassen hat", sagte SELENKA auf S. 148 dieses Werkes. Nun, dieser Ausspruch gilt speziell vom Unterkiefer und nicht nur von seiner äusseren Form, sondern ganz besonders von seinem inneren Aufbau. Auch dieser ist allerdings nur für das Fressen berechnet und tritt dem Forscher in grösster Vollendung und Zweckmässigkeit entgegen. Das ist speziell bei den grossen Anthropomorphen, dem Orangutan und Gorilla der Fall. Die innere Struktur in ihren Elementen wird sehr stark beeinflusst und zweckmässig aufgebaut nicht allein generell, sondern sogar oft sichtlich individuell.

Nicht die Betrachtungen über die äussere Form der Organismen allein kann zu dem Ideal einer Erkenntnis der Stammform führen, sondern die Aufdeckung und Erkenntnis der Zweckmässigkeit der Struktur der Organismen ist eine ebenso wichtige Vorbedingung für jenes Problem. Es erscheint mir die ausgeführte Vergleichung des Unterkiefers der Menschen und der Anthropomorphen als eine Bestätigung jener Lehre ROUXs, nach welcher eine funktionelle Selbstgestaltung des Knochens durch trophische Reize die innere Struktur und die äussere Form hervorruft, und dass somit nach dem Prinzip der Vererbung, entsprechend der funktionellen Thätigkeit, auch bei den Nachkommen jener Stammesform morphologisch neue Charaktere der Kieferform erzeugt wurden, welche in den einzelnen Spezies der heutigen Primaten zum Ausdruck kommen.

Für den Menschen sind, wie ich glaube, derartige morphologische Abänderungen der äusseren Kieferform durch die vorliegende Arbeit nachgewiesen. Der Schipkakiefer als nunmehr unzweifelhaft physiologische Erscheinung für den Menschen in jener Zeit ist vorläufig das älteste aufgefundene Beweisstück für die fortschreitende funktionelle Gestaltung des Unterkiefers. Nach einer brieflichen Mitteilung von Professor MASCHKA gehört der Schipkakiefer mindestens der Interglacialzeit an. Seine gewaltige und dennoch in allen seinen Teilen durchaus harmonische Entwickelung deutet un-

weigerlich darauf hin, dass seine Funktion sich dem „anthropomorphen“ Typus nähe te, indem sich seine konstruktiven Elemente der Beanspruchung gemäss gestalteten. Der Schipkakiefer ist zwar unverkennbar menschlich, aber unter Berücksichtigung des jugendlichen Alters jedoch muss der Besitzer jenes Kiefers mittelst desselben den Kauakt weit mehr einer Funktion ähnlich gestaltet haben, welche wir heute mit dem Ausdruck des „Fressens“ den Tieren zuschreiben, um zu bezeichnen, dass nur die Kiefer die Zerkleinerung der Speisen übernehmen. Davon zeugt neben der Entwickelung der konstruktiven Elemente schon die gewaltige Abnützung der Schneidezähne jenes zehnjährigen Kiefers. Dass diese auf prädisponierende Ursachen zurückzuführen sind, wie es in den heutigen menschlichen Kiefern häufiger vorkommt, wird niemand behaupten. Nur eine ganz intensive mechanische Beanspruchung konnte diese Zähne so kürzen.

Die Harmonie der Teile im Schipkakiefer weist ferner darauf hin, dass, wenn man nicht überhaupt jedes Prinzip der Vererbung leugnen will, ein Satz zu Recht besteht, welcher lautet: Der Schipkakiefer war für seine Zeit nicht individuell sondern generell. Ich erachte es durchaus nicht für notwendig, mit Virchow aus der Kiefergrösse dieses zehnjährigen Kindes zu schliessen, dass es ein Riesenkind aus einem Riesenstamme gewesen sei. Nur die Grösse des Kiefers und der in ihm enthaltenen Zähne und nicht die übrige Körpergrösse kommt in Betracht. Dass letztere nicht immer zur Kiefergrösse in demselben Verhältnis steht, kann man selbst aus den heutigen menschlichen Rassen (z. B. Eskimos) noch erkennen. Wohl aber ist meines Erachtens zum mindesten der Rückschluss notwendig, dass die „unerhörte“ Grösse der Zähne im Schipkakiefer vererbt war, denn sie kann nicht plötzlich individuell erworben werden. Der Schipkakiefer zeigt weiter auf das Vollendeste das Prinzip der gegenseitigen funktionellen Anpassung von Kiefer und Zähnen und für das Individuum war offenbar Gelegenheit da, die vererbten Faktoren durch eine geeignete Funktion des Kieferknochens zu erhalten.

Der Unterkiefer von Prédmost stammt aus einer jüngeren Periode, nach Maschka wahrscheinlich aus der kleinen Eiszeit (dritte Eiszeit in den Alpen). Dazwischen stehen die etwa gleichalterigen Kiefer von La Naulette, von Krapina und endlich derjenige von Spy, welchen ich ebenfalls nur nach einem Gipsabguss kenne. Diese Kiefer gleichen in ihren Dimensionen und ihren äusseren Formen weit mehr demjenigen aus der Schipkahöhle, als den Kiefern der heutigen Menschen. Mit letzteren haben sie eine allerdings geringe Kinnbildung gemeinsam. Die allmähliche Trajektorienbildung des M. genioglossus, auf welche das Entstehen des Kinns zurückzuführen ist, bedingte eine zweite Ähnlichkeit mit den Kiefern recenter Menschen, nämlich die Schrägstellung des inneren Abschnittes der Basalfläche im Vorderkiefer. Später trug dann auch das bei der Schräg-

stellung der Basis nun deutlicher hervortretende Trajektorium des M. digastricus zur stärkeren Kinnbildung bei, während eine Reduktion der Zahngrösse und damit des Alveolarfortsatzes allmählich eintrat. Die Folge war gleichzeitig eine auftretende Neigung zur Orthognathie, zumal die stärker werdende Lippenmuskulatur die Zahnreihen dauernd nach innen drückte. Auch hier dürfte die Sprache des Menschen von Einfluss gewesen sein. Denn bei den Affen sind nach dem Urteile aller Präparatoren die mimischen Muskeln schwächer als beim Menschen entwickelt. EHLERS und A. haben speziell den sphincter oris, welcher doch sicherlich die wichtigste Lippenmuskel für die Sprache ist, beim Gorilla und Schimpanse schwächer als beim Menschen gefunden. Während die Kinnbildung beim späteren diluvialen Menschen das Aussehen der vorderen Kieferplatte allmählich wesentlich veränderte, blieb die Gestalt der hinteren Kieferplatte vorläufig noch längere Zeit im grossen und ganzen dieselbe.

Nach den vergleichenden Studien über die Entstehung und die Form der Gruben und Vorsprünge bei den Anthropomorphen und den Menschen erscheint auch die Grubenbildung bei den Diluvialkiefern pithekoid. Der Nachweis, dass das eintretende Gefäss (im Foramen supraspinatum) bei den heutigen Kiefern in der neutralen Axe des M. genioglossus liegt, legte zunächst die Stelle für die Beanspruchung des Knochens durch diesen Muskel beim Menschen fest. Der Prédmoster Kiefer bewies direkt, dass das Foramen der diluvialen Kiefer identisch mit der Fossula supraspinata des heutigen Menschen ist. Die Grösse der Grube änderte sich gemäss der Abänderung der Beanspruchung des menschlichen Vorderkiefers. Bei den diluvialen Kiefern war sie grösser, weil der indirekte Zahndruck bei der prognathen Kieferstellung durch die rückwärts gekrümmten Wurzeln den Zungenwulst erhielt, und weil der gewaltige Basalteil die hintere Kieferplatte zu einer annähernd geraden Fläche gestaltete, an welcher die Insertion des M. genioglossus in einer flachen Grube genügte. Bei der fortschreitenden Reduktion der Zähne an Grösse verringerte sich auch die Grösse der Kiefer im Alveolarfortsatz und indirekt auch im Kieferkörper. Wesentlich betraf das die Dimension in der Sagittalebene. Der Beweis für diese Ansicht wird durch einen Vergleich der Dimensionen der Zahnwurzeln, welche im Schipka- und den Krapinakiefern enthalten sind, mit den heutigen Zähnen und Zahnwurzeln leicht geliefert.

Der Basalteil der Kiefer späterer Generationen wurde durch die sich verstärkende Funktion der ansetzenden Muskeln erhalten, respektive umgeformt. Das geschah im wesentlichen durch die vermehrten und konstanten Bewegungen der bei der Sprache thätigen Muskeln, wobei die beschriebenen Trajektorien des M. genioglossus und digastricus, welche in den diluvialen Kiefern nur gering vorhanden sind, bedeutend verstärkt und für den Basalteil formbestimmend wurden. Die ursprüngliche funktionelle

Thätigkeit der Zähne des Alveolarfortsatzes und des Kieferkörpers trat immer mehr in den Hintergrund.

Durch beide Ursachen in wechselseitiger Wirkung wurde die heutige Unterkiefergestalt mit ihren unendlichen Varietäten der äusseren Formen geschaffen, welche im wesentlichen die Insertionsstellen jener Muskeln und die Projektionswirkung ihrer Trajektorien betreffen und nach den Gesetzen der Entwickelungsmechanik sich richten.

Aussprüche früherer Anthropologen, wie z. B. derjenige Kollmanns: „Der Mensch ist ein Dauertypus, er hat sich seit dem Diluvium körperlich nicht verändert," können nach den vorausgegangenen Ausführungen für die Kiefer und Zähne des Menschen nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Alle Eigenschaften des diluvialen Kiefers schwanden allmählich durch die veränderte Funktion der konstruktiven Elemente. Die Orthognathie wuchs dementsprechend.

Die Möglichkeit, so sichere Rückschlüsse über den Schipkakiefer hinaus rein paläontologisch zur Feststellung verwandtschaftlicher Formen zwischen dem Menschen und dem heutigen Anthropomorphen zu machen, ist in Rücksicht auf das bisher vorhandene geringe Material noch nicht vorhanden. Wo indessen jetzt für den Menschen die Formabänderung der Spezies wenigstens für den Unterkiefer nachgewiesen ist, kann man einen indirekten Rückschluss auf die übrigen Primaten nicht ganz von der Hand weisen, wenn auch grösstenteils im umgekehrten Sinne. Ein teilweise zunehmender Kieferprognathismus in engster Beziehung mit einer immer mehr zunehmenden Zahngrösse bringt hier eine ganz andere Korrelation der Grösse und Form dieser Organe hervor.

Für die übrigen Primaten beschränkte sich die zweckmässige Selbstgestaltung also allein auf die Wirkung der Muskeln beim Kauakt. Die progressive Ausbildung des Kieferknochens in dieser Richtung betrifft nicht allein Zähne und Alveolarfortsatz des Vorderkiefers, sondern auch am Kieferaste finden wir der vermehrten Beanspruchung durch die ansetzenden Muskeln entsprechend einen Ausbau der allen Primaten gemeinsamen Konstruktionselemente nach den Gesetzen der Zweckmässigkeitslehre und damit ebenfalls ein Schaffen neuer, generell spezifischer Formen.

In aufsteigender Richtung werden die Untersuchungen vorgeschichtlicher Affenkiefer nach den Lehren der Entwickelungsmechanik vielleicht später weitere Zwischenformen ergeben. Einfache Konvergenzerscheinungen für die beschriebenen pithekoiden Eigenschaften der diluvialen menschlichen Kiefer anzunehmen, hiesse ja jedes verwandschaftliche Verhältnis der heutigen Anthropomorphen und des Menschen leugnen, und gegen die ersteren sprechen sämtliche paläontologischen Funde, wenn sie mit den

heutigen Formen verglichen werden. Die innere Struktur und die äussere Gestalt der Kiefer zeigt vielmehr im Gegenteil immer mehr divergierende Formen bei den einzelnen Arten, hervorgebracht durch den gesteigerten oder verminderten Gebrauch der einzelnen konstruktiven Elemente, aus welchen die Kiefer zusammengesetzt sind.

Die Verstärkung sowohl als auch die Verkümmerung der alten Funktionen ihrer Teile, aber auch die Ausbildung neuer Funktionen, schuf die Variabilität der geschilderten Kieferformen und Kieferstrukturen. Gerade der Unterkiefer des Menschen zeigt sich als ein klassisches Beispiel der Umwandlung eines Organs in der Stammesgeschichte einer bestimmten Spezies.

Ich glaube, dass die Embryologie, die allgemeine vergleichende Anatomie und Paläontologie für das Problem der gemeinsamen Stammesform der Primaten nicht allein entscheidend sein werden, sondern dass auch die neuen Lehren der Entwickelungsmechanik hervorragend berücksichtigt werden müssen. In der vorliegenden Arbeit konnte ich nachweisen, dass der Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen zwar aus ursprünglich durchaus gleichen Konstruktionselementen zusammengesetzt ist, welche jedoch funktionell sehr verschieden beansprucht werden und dadurch eine sehr verschiedene äussere Gestalt und innere Struktur erlangen.

Eine vergleichende Entwickelungsmechanik auf die übrigen Organe ausgedehnt, wird also für weitere Forschungen auf diesem Gebiete eine zwingende Notwendigkeit sein. Nicht allein die äusseren Übergangsformen sind für die Abstammungslehre massgebend. Ihnen ging die Umformung der inneren Struktur voraus. Nur bei gleicher Berücksichtigung dieser beiden Faktoren wird man sich auf richtigen Wegen zur Lösung jenes Problems befinden.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.